

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Leise Kelli de Oliveira

**Modelagem para Avaliar a Viabilidade da Implantação de um
Sistema de Distribuição de Pequenas Encomendas dentro dos
Conceitos de *City Logistics***

Tese de Doutorado

Florianópolis – 2007

Leise Kelli de Oliveira

**Modelagem para Avaliar a Viabilidade da Implantação de um
Sistema de Distribuição de Pequenas Encomendas dentro dos
Conceitos de *City Logistics***

**Tese Submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
para a Obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Produção**

Florianópolis – 2007

Leise Kelli de Oliveira

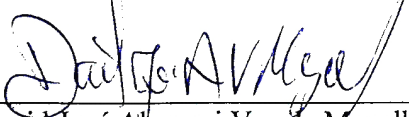
**Modelagem para Avaliar a Viabilidade da Implantação de um
Sistema de Distribuição de Pequenas Encomendas dentro dos
Conceitos de *City Logistics***

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia de
Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 20 de abril de 2007.

Antonio Sérgio Coelho, Dr
Coordenador do Curso – PPGEP/UFSC

Antonio Galvão N. Novaes, Dr
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



David José Alhouagi Vaz de Magalhães, Dr
Universidade Federal de Minas Gerais

Amir Mattar Valente, Dr
Moderador
Universidade Federal de Santa Catarina



Nadja Glheuca da Silva Dutra
Montenegro, Dra
Universidade Federal do Ceará

José Carlos Souza, Dr
Universidade Federal de Santa Catarina

Mirian Buss Gonçalves, Dra
Universidade Federal de Santa Catarina

Aos meus pais, José e Fátima,
pelas lições de amor e vida.

Sinceros Agradecimentos

Ao concluir mais esta etapa de minha vida, eu tenho muito para agradecer...

Agradeço ao Deus Criador por ter sido minha fortaleza, força e paz interior.

Agradeço ao Prof. Novaes por ter aceitado ser meu orientador e pela motivação deste trabalho. O produto final é resultado de suor e lágrimas de muitos questionamentos, muitas vezes momentaneamente mal compreendidos, e que hoje se traduz no término de mais uma importante etapa da minha vida.

Agradeço aos meus pais, pelo amor incondicional, incentivo, paciência e apoio em cada momento de mais esta fase da minha vida. Sem o amor e o apoio de vocês este trabalho não seria possível.

Agradeço aos meus queridos amigos Daniele, David, Eugenio, JB, Livia, Marcelo, pela paciência em escutar minhas teorias em busca do caminho certo e pelo apoio nos momentos de incertezas e escuridão do caminho. Muitos de vocês se tornarão padrinhos de minhas idéias. Em especial agradeço à maninha Paty, pela amizade iniciada nesta fase da vida, pelas alegrias e tristezas compartilhadas e por você sempre estar presente nos momentos em que eu estive ausente!

Agradeço especialmente também a Soraya e ao Angelo pela paciência de revisores. Vocês foram os meus olhos quando eu mais precisei: os momentos finais. A gratidão será eterna!

Enfim, agradeço a todos que me apoiaram nesta fase: cada palavra, cada gesto ficarão marcados para sempre pela amizade que nasceu. Até o próximo desafio!

*“Se um dia tiver que escolher entre o mundo e o amor...
lembre-se: se escolher o mundo ficará sem o amor,
mas se escolher o amor, com ele conquistará o mundo”*
(Albert Einstein)

SUMÁRIO

SUMÁRIO	7
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE QUADROS	14
RESUMO	15
ABSTRACT	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	18
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.2.1 OBJETIVO GERAL	19
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	19
2 O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO URBANA	22
2.1 INTRODUÇÃO.....	22
2.2 DEFININDO DISTRIBUIÇÃO URBANA	23
2.3 FLUXO DE MERCADORIAS E A DISTRIBUIÇÃO URBANA	24
2.4 PROBLEMAS ORIUNDOS DA DISTRIBUIÇÃO URBANA	25
2.5 DISTRIBUIÇÃO URBANA E SUSTENTABILIDADE.....	26
2.6 SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE	30
2.7 MODELAGEM E PROJETOS EM DISTRIBUIÇÃO URBANA	34
2.8 QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO.....	39
3 CITY LOGISTICS	40
3.1 INTRODUÇÃO.....	40
3.2 DEFININDO CITY LOGISTICS	41
3.3 AGENTES ENVOLVIDOS NA DISTRIBUIÇÃO URBANA.....	43

3.4	CITY LOGISTICS NO CONTEXTO MUNDIAL	44
3.5	FUTURAS PERSPECTIVAS PARA A CITY LOGISTICS	48
3.6	MODELAGEM DE CITY LOGISTICS	48
3.7	QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO	51
4	<u>O COMÉRCIO ELETRÔNICO E O PROBLEMA DA ÚLTIMA MILHA EM CITY LOGISTICS</u>	<u>52</u>
4.1	INTRODUÇÃO.....	52
4.2	O COMÉRCIO ELETRÔNICO.....	53
4.2.1	OS POTENCIAIS CLIENTES E O PERFIL DE CONSUMO DO COMÉRCIO ELETRÔNICO.....	55
4.3	O PROBLEMA DA ÚLTIMA MILHA NA TENDÊNCIA CITY LOGISTICS	57
4.4	PONTOS DE ENTREGA INTELIGENTES	61
4.4.1	TECNOLOGIAS	63
4.5	ENTREGAS EXPRESSAS.....	66
4.5.1	SERVIÇOS DE ENTREGAS EXPRESSAS NO BRASIL.....	67
4.6	QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO	68
5	<u>A DIFUSÃO DA INOVAÇÃO.....</u>	<u>69</u>
5.1	INTRODUÇÃO.....	69
5.2	A TEORIA DO PROCESSO DA DIFUSÃO.....	70
5.3	INOVADORES E A TAXA DE DIFUSÃO.....	74
5.4	OS MODELOS DE DIFUSÃO.....	75
5.5	APLICAÇÕES DA TEORIA DA DIFUSÃO DA INOVAÇÃO	78
5.6	QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO	82
6	<u>DINÂMICA DE SISTEMAS</u>	<u>83</u>
6.1	INTRODUÇÃO.....	83
6.2	A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA DINÂMICA DE SISTEMAS	84
6.3	DIAGRAMA DE CICLO CAUSAL	87
6.4	DIAGRAMA DE ESTOQUE E FLUXO.....	89
6.5	SOFTWARE ITHINK.....	91
6.5.1	A SIMULAÇÃO NO SOFTWARE ITHINK.....	92
6.6	O PROCESSO DE MODELAGEM EM DINÂMICA DE SISTEMAS.....	93

6.7	QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO.....	96
------------	--	-----------

<u>7</u>	<u>MODELAGEM PARA AVALIAR OS IMPACTOS DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDAS.....</u>	<u>97</u>
-----------------	---	------------------

7.1	INTRODUÇÃO.....	97
------------	------------------------	-----------

7.2	ESBOÇO DO FUNCIONAMENTO DOS PONTOS DE ENTREGA INTELIGENTES.....	97
------------	--	-----------

7.3	ESTRUTURA DA MODELAGEM PROPOSTA	99
------------	--	-----------

7.3.1	FASE I: DINÂMICA DO PROCESSO DE ADESÃO DO NOVO SISTEMA PROPOSTO	100
--------------	--	------------

7.3.2	FASE II: ANÁLISE DE DEMANDA.....	102
--------------	---	------------

7.3.3	FASE III: DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDADAS	103
--------------	---	------------

7.3.4	FASE IV: AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL.....	105
--------------	--	------------

<u>8</u>	<u>VALIDAÇÃO DA MODELAGEM PROPOSTA.....</u>	<u>108</u>
-----------------	--	-------------------

8.1	INTRODUÇÃO.....	108
------------	------------------------	------------

8.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE A REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS	109
------------	--	------------

8.3	PREMISSAS CONSIDERADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS.....	110
------------	---	------------

8.4	CENÁRIO I: IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA COM INTENSA ESTRATÉGIA DE DIVULGAÇÃO	112
------------	---	------------

8.5	CENÁRIOS II: IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA COM MODERADA ESTRATÉGIA DE DIVULGAÇÃO.....	114
------------	---	------------

8.6	CENÁRIOS III: IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA SEM POLÍTICA DE DIFUSÃO	116
------------	---	------------

8.7	RESULTADOS DO ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	118
------------	---	------------

8.8	ESTIMATIVA DO CUSTO MÍNIMO DE DISTRIBUIÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS-SC.....	120
------------	--	------------

8.9	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL.....	121
------------	---	------------

8.10	CUSTO CLIENTE.....	122
-------------	---------------------------	------------

8.11	TESTE DE SENSIBILIDADE DO MODELO PROPOSTO.....	123
-------------	---	------------

<u>9</u>	<u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</u>	<u>129</u>
-----------------	---	-------------------

9.1 CONCLUSÕES.....	129
9.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	130
9.3 RECOMENDAÇÕES.....	130
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>132</u>
<u>BIBLIOGRAFIA.....</u>	<u>139</u>
<u>10 ANEXOS.....</u>	<u>145</u>
10.1 ANEXO I – SERVIÇOS DE ENTREGAS EXPRESSAS NO BRASIL	145
10.1.1 CORREIOS.....	145
10.1.2 DHL	146
10.1.3 FEDEX.....	147
10.1.4 TNT EXPRESS	149
10.1.5 TOTAL EXPRESS	149
10.1.6 UPS	150
10.2 ANEXO II – MODELO EM DINÂMICA DE SISTEMAS.....	151
10.2.1 TELA DE INPUT DO MODELO	151
10.2.2 EQUAÇÕES DO MODELO.....	151
10.3 ANEXO III – MEMÓRIA DE CÁLCULO AVALIAÇÃO ECONÔMICA	154
10.3.1 DADOS: ENCOMENDAS	154
10.3.2 EVTE	155
10.3.3 VEÍCULO E EQUIPAMENTOS.....	155
10.3.4 CUSTOS DE DISTRIBUIÇÃO	156
10.4 ANEXO IV – MEMÓRIA DE CÁLCULO AVALIAÇÃO AMBIENTAL.....	158

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: FLUXOGRAMA DA ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
FIGURA 2.1: SISTEMA DE ÚNICA PARADA, COM FLUXO DIRETO (FONTE: PORTAL, 2003). .	24
FIGURA 2.2: SISTEMA DE MÚLTIPLAS PARADAS, COM FLUXOS INDIRETOS (FONTE: PORTAL, 2003).....	24
FIGURA 2.3: SISTEMA DE MÚLTIPLAS PARADAS, COM FLUXOS DIRETOS E INDIRETOS (FONTE: PORTAL, 2003).	25
FIGURA 2.4: PROBLEMAS NO TRANSPORTE DE CARGA URBANA (FONTE: QUISP, 2002)	26
FIGURA 2.5: INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS PARA TRANSPORTE DE CARGA UTILIZANDO A INTERNET.....	32
FIGURA 2.6: EXEMPLO DE UM SISTEMA INTELIGENTE DE GERENCIAMENTO DE FROTA. .	33
FIGURA 3.2: ELEMENTOS ENVOLVIDOS E SUAS RELAÇÕES (FONTE: TANIGUCHI <i>ET AL.</i> , 2001).....	43
FIGURA 3.3: SISTEMA APROXIMADO PARA <i>CITY LOGISTICS</i> (FONTE: TANIGUCHI <i>ET AL.</i> , 2001).....	50
FIGURA 4.1: ORGANIZAÇÃO ATUAL E FUTURA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS (FONTE: VISSER E NEMOTO, 2003).....	54
FIGURA 4.2: USUÁRIOS DA INTERNET, EM 2005 (FONTE: LIPSMAN, 2006)	55
FIGURA 4.3: PERCENTUAL DOS PRINCIPAIS PRODUTOS COMPRADOS PELA INTERNET (FONTE: BROWNE, 2001).....	56
FIGURA 4.4: CONCEITO DO PROBLEMA DA ÚLTIMA MILHA	57
FIGURA 4.5: FATORES QUE AFETAM A PRESENÇA DOS CLIENTES NO MOMENTO DA ENTREGA (FONTE: BROWNE <i>ET AL.</i> , 2001, ADAPTADO PELO AUTOR).	61
FIGURA 4.6: BRIVO BOX (FONTE: WWW.SMARTBOX.COM)	64
FIGURA 4.7: SMART-BOX (FONTE: WWW.SMARTBOX.COM).....	64
FIGURA 4.8: <i>AUTOMATED DELIVERY MACHINES</i> (FONTE: HTTP://WWW.LOGISTICS-ASSEMBLY.SIEMENS.COM).....	65
FIGURA 4.9: DROPBOX24 (DIRETA) E SHOPPING BOX (ESQUERDA) (FONTE: WWW.NEWLOGIX.DE).....	65
FIGURA 4.10: KEPOL (FONTE: WWW.KEBA.COM).....	66
FIGURA 5.1: CURVA DE DISTRIBUIÇÃO DOS ADOTANTES DE UMA INOVAÇÃO (FONTE: ROGERS APUD FIGUEIREDO, 2005).....	70
FIGURA 5.2: CURVA DA ADOÇÃO CUMULATIVA DE UMA INOVAÇÃO	73
FIGURA 5.3: MODELO DE ADOÇÃO ORGANIZACIONAL (FONTE: HIGA <i>ET AL.</i> , 1997)	79
FIGURA 5.4: ESTRUTURA E RESULTADOS DO MODELO DE ADOÇÃO DE EDI (FONTE: CHWELOS <i>ET AL.</i> , 2000).....	80
FIGURA 5.5: ORGANOGAMA DA RELAÇÃO OFERTA/DEMANDA NUM PROCESSO DE ADOÇÃO E DIFUSÃO NO <i>M-COMMERCE</i> (FONTE: HAN, 2002).	81
FIGURA 6.1: ESTRUTURA DO <i>FEEDBACK</i> POSITIVO.....	84

FIGURA 6.2: ESTRUTURA DO <i>FEEDBACK</i> NEGATIVO:	85
FIGURA 6.3: ESTRUTURA DA OSCILAÇÃO	85
FIGURA 6.4: ESTRUTURA DE LOOP ABERTO (FONTE: STERMAN, 2000).....	86
FIGURA 6.5: ESTRUTURA DE LOOP FECHADO (FONTE: STERMAN, 2000).....	86
FIGURA 6.8: EXEMPLO DE DIAGRAMA DE ENLACE CAUSAL (FONTE: FERNANDES, 2003) .	88
FIGURA 6.9: ELEMENTOS BÁSICOS DE UM MODELO DE ESTOQUE E FLUXO.	89
FIGURA 6.10: MODELO BÁSICO.	90
FIGURA 6.11: NÍVEL DA INTERFACE.....	91
FIGURA 6.12: NÍVEL DO MODELO.	92
FIGURA 6.13: NÍVEL DAS EQUAÇÕES.....	92
FIGURA 7.1: EXEMPLO DE EQUIPAMENTO PROPOSTO PARA OS PONTOS DE ENTREGA.	98
FIGURA 7.2: FLUXOGRAMA DO FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO SUGERIDO E DA LOGÍSTICA DOS PRODUTOS.	99
FIGURA 7.3: ESTRUTURA DO MODELO PROPOSTO.....	100
FIGURA 7.4: DIAGRAMA DE ENLACE CAUSAL DO PROCESSO DE DIFUSÃO DA INOVAÇÃO.	100
FIGURA 7.5: DIAGRAMA DE ESTOQUE E FLUXO DO PROCESSO DE DIFUSÃO DA INOVAÇÃO	101
FIGURA 7.6: DIAGRAMA DE ENLACE CAUSAL DA ANÁLISE DA DEMANDA.....	102
FIGURA 7.7: DIAGRAMA DE ESTOQUE E FLUXO DA ANÁLISE DA DEMANDA.	102
FIGURA 7.8: DIAGRAMA DE ENLACE CAUSAL DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO URBANA	103
FIGURA 7.9: DIAGRAMA DE ESTOQUE E FLUXO DO PROCESSO DE DIFUSÃO DA INOVAÇÃO	104
FIGURA 8.1: INPUTS CONSIDERADOS NO CENÁRIO I.....	112
FIGURA 8.2: RESULTADOS DA MODELAGEM DA DINÂMICA DO PROCESSO DE ADESÃO E DA ANÁLISE DE DEMANDA PARA O CENÁRIO I.....	113
FIGURA 8.3: RESULTADOS DA MODELAGEM DA DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDAS PARA O CENÁRIO I – NÚMERO MÉDIO DE ENCOMENDAS.....	113
FIGURA 8.4: RESULTADOS DA MODELAGEM DA DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDAS PARA O CENÁRIO I – NÚMERO MÉDIO EQUIPAMENTOS, INSTALAÇÕES E VEÍCULOS	114
FIGURA 8.5: INPUTS CONSIDERADOS NO CENÁRIO II	114
FIGURA 8.6: RESULTADOS DA MODELAGEM DA DINÂMICA DO PROCESSO DE ADESÃO E DA ANÁLISE DE DEMANDA PARA O CENÁRIO II	115
FIGURA 8.7: RESULTADOS DA MODELAGEM DA DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDAS PARA O CENÁRIO II – NÚMERO MÉDIO DE ENCOMENDAS.....	115

FIGURA 8.8: RESULTADOS DA MODELAGEM DA DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDAS PARA O CENÁRIO II – NÚMERO MÉDIO EQUIPAMENTOS, INSTALAÇÕES E VEÍCULOS	116
FIGURA 8.9: INPUTS CONSIDERADOS NO CENÁRIO III.....	116
FIGURA 8.10: RESULTADOS DA MODELAGEM DA DINÂMICA DO PROCESSO DE ADESÃO E DA ANÁLISE DE DEMANDA PARA O CENÁRIO III, NUMA ANÁLISE DE 6 ANOS.....	117
FIGURA 8.11: RESULTADOS DA MODELAGEM DA DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDAS PARA O CENÁRIO III – NÚMERO MÉDIO DE ENCOMENDAS.....	117
FIGURA 8.12: RESULTADOS DA MODELAGEM DA DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDAS PARA O CENÁRIO III – NÚMERO MÉDIO EQUIPAMENTOS, INSTALAÇÕES E VEÍCULOS	118
FIGURA 8.13: QUANTIDADE MÉDIA DIÁRIA DE ENCOMENDAS POR ZONA DE ENTREGA	119
FIGURA 8.14: DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS E VEÍCULOS.....	119
FIGURA 8.15: RELAÇÃO ENTRE A VELOCIDADE E A EMISSÃO DE POLUENTES	121
FIGURA 8.16: EMISSÃO MÉDIA ESTIMADA DE POLUENTES COM O NOVO SISTEMA.....	122
FIGURA 8.17: DESECONOMIAS ANUAIS COM A POLUIÇÃO	122

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1: TIPOS DE IMPACTOS DA DISTRIBUIÇÃO E OS PROBLEMAS GERADOS (FONTE: TANIGUCHI ET AL., 2001).....	27
QUADRO 3.1: RESULTADOS DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE <i>CITY LOGISTICS</i> (FONTE: KOHLE, 2003).....	46
QUADRO 4.1: PREFERÊNCIA DOS CONSUMIDORES DOS LOCAIS DE ENTREGA (FONTE: SONDAGE, 2000).....	59
QUADRO 6.1: INTERPRETAÇÃO DAS POLARIDADES DAS LIGAÇÕES CAUSAIS (FONTE: STERMAN, 2000).....	88
QUADRO 7.1: PRINCIPAIS EQUAÇÕES DA FASE I DO MODELO PROPOSTO.	102
QUADRO 7.2: PRINCIPAIS EQUAÇÕES DA FASE II DO MODELO PROPOSTO.....	103
QUADRO 7.3: PRINCIPAIS EQUAÇÕES DA FASE III DO MODELO PROPOSTO.....	104
QUADRO 7.4: TAXA DE EMISSÃO DE POLUENTES (G/KM) POR TIPO DE VEÍCULO CONSIDERADO NO ESTUDO (FONTE: IBAMA, 2006).....	105
QUADRO 8.1: POPULAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS.	110
QUADRO 8.2: QUANTIDADE MÉDIA DIÁRIA DE ENVELOPES, ENCOMENDAS E ENCOMENDAS E-SEDEX DISTRIBUÍDOS POR UNIDADE DISTRIBUIDORA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS (FONTE: LAMIN, 2005).....	111
QUADRO 8.3: FLUXO DE CAIXA.....	120
QUADRO 8.4: CUSTO DE DISTRIBUIÇÃO (FONTE: CORREIOS, 2006)	120
QUADRO 8.5: TARIFA MÍNIMA SUGERIDA PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS-SC	121
QUADRO 8.6: TESTE DE SENSIBILIDADE DA VARIÁVEL NÚMERO DE INFLUENCIADOS...	124
QUADRO 8.7: TESTE DE SENSIBILIDADE DA VARIÁVEL FRAÇÃO DE CONTATO	125
QUADRO 8.8: TESTE DE SENSIBILIDADE DA VARIÁVEL PERCENTUAL DA EFICÁCIA DA PUBLICIDADE.....	126
QUADRO 8.9: TESTE DE SENSIBILIDADE DA VARIÁVEL CUSTO PERCEBIDO.....	128

RESUMO

A distribuição urbana de mercadorias ocorre em áreas caracterizadas pela concentração de residências e atividades comerciais, sendo um relevante componente no desenvolvimento da economia. Contudo, os impactos desta distribuição reduzem o bem estar e a atratividade das áreas urbanas. Buscando soluções para estes impactos, surgiu o conceito de *city logistics*, que indica a redução das deseconomias no contexto urbano, tornando a totalidade do sistema mais eficiente, através de soluções inovadoras para a melhoria da qualidade de vida.

A problemática da distribuição urbana tem se agravado com o crescente aumento do comércio eletrônico, que acarreta em entregas com alta dispersão geográfica e baixa densidade de clientes. Para amenizar este problema, sugere-se a implantação de pontos de entrega inteligentes que, localizados estrategicamente, permitiriam um aumento na eficiência da distribuição, com flexibilidade para o cliente retirar sua encomenda.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver uma metodologia para analisar a viabilidade de implantação dos pontos de entrega inteligentes no Brasil, analisando a adesão ao serviço e os impactos econômicos e ambientais. Para o desenvolvimento desta metodologia foram utilizadas duas teorias: a difusão da inovação e a dinâmica de sistemas. A primeira permitiu avaliar o tempo de adesão do novo sistema e a segunda, forneceu o ferramental para o desenvolvimento do modelo dinâmico. Desta modelagem, resultou uma ferramenta de planejamento para se avaliarem vantagens e desvantagens da implantação de um novo serviço logístico voltado à solução do problema da última milha na distribuição urbana de pequenas encomendas, considerando os conceitos de *city logistics*.

Esta metodologia foi validada através de uma aplicação para a Região Metropolitana de Florianópolis, em que foi possível observar os ganhos econômicos, por meio da redução da tarifa de distribuição, e os ganhos ambientais, através da redução da deseconomia ambiental causada pela conseqüente diminuição da emissão de poluentes no meio ambiente. Os resultados observados instigam a implantação do serviço proposto, bem como a utilização de alternativas logísticas que contemplem o conceito de *city logistics*.

ABSTRACT

The urban goods distribution occurs in areas characterized for the concentration of residences and commercial activities, being a relevant component in economic development. However, the distribution impacts reduce the welfare and the attractiveness of urban areas. The search for reduced impacts lead to the city logistics concept, which here is defined as the reduction of the diseconomies in the urban context through innovative solutions for the improvement of the life quality, making the whole system more efficient.

The urban distribution problem has been aggravated with the increase of the e-commerce, due the deliveries with high dispersion geographic and low density of customers. To brighten up this problem, we suggested the implantation of intelligent deliver points. Strategically located, those points should allow an increase in the efficiency of the distribution with flexibility for the customer to remove his order.

This work intends to develop a methodology to analyze the viability of implantation of the intelligent points of delivery in Brazil, analyzing the service diffusion and the economic and environmental impacts.

For the development of this methodology two theories had been used: innovation diffusion and systems dynamics. The first one evaluates the new system diffusion time. The second supplied the tools for the development of the dynamic model.

This modeling results in a planning tool to evaluate the advantages and disadvantages of the new logistic service implantation. Considering the concepts of city logistics and focused in the solution of the last mile problem in the urban distribution of small orders

This methodology was validated through an application for (experiment in) Florianopolis Region Metropolitan, where it was possible to observe economic gains due the distribution fee reduction, as well as, environmental benefits caused by a reduction in the pollution emission which leads to a important reduction in the environmental diseconomies. The results instigate motivated the implantation of the service, as well as the use of logistic alternatives that contemplate the concept of city logistics.

1 INTRODUÇÃO

A distribuição urbana de mercadorias passou a ter grande importância no sistema de transporte e na economia dos centros urbanos por representar um importante componente no processo de desenvolvimento da economia (Russo e Comi, 2004). Recentemente, tem aumentado o interesse por estudos relacionados à distribuição urbana, visto que este sistema é uma das principais fontes geradoras de congestionamento e poluição.

Buscando uma nova forma de melhorar a distribuição nas cidades surgiu o conceito de *city logistics*, cujo objetivo é apoiar o desenvolvimento sustentável das cidades e buscar soluções para os problemas causados pela distribuição nestes centros. Segundo Taniguchi *et al.* (2001), a *city logistics* deve ser um processo de total otimização das atividades logísticas nas áreas urbanas considerando os impactos sociais, ambientais, econômicos, financeiros e energéticos. Para isto, medidas de sustentabilidade têm sido adotadas em algumas cidades para que os problemas oriundos dessa distribuição sejam amenizados.

Atualmente, um dos responsáveis pelo aumento da distribuição urbana é o comércio eletrônico. Este tipo de comercialização tem elevado o número de entregas domiciliares com janela de tempo e, conseqüentemente, o número de veículos necessários para atender esta demanda, agravando os problemas relacionados à distribuição urbana. Segundo Nemoto *et al.* (2001), a tendência do comércio eletrônico é elevar o valor agregado dos produtos e a demanda por transporte.

Uma maneira de amenizar os problemas gerados pela demanda de transporte conseqüente do comércio eletrônico é a implantação de “mercados de serviços logísticos”, que consistiriam em pontos de entrega inteligentes de produtos adquiridos pelo comércio eletrônico (Nemoto *et al.*, 2001).

Os pontos de entrega inteligentes são uma alternativa para reduzir as entregas domiciliares de produtos adquiridos pelo comércio eletrônico. As entregas domiciliares têm gerado um elevado número de viagens perdidas, devido ao fato de o cliente não estar em casa para poder receber o produto. A localização dos pontos de entrega inteligentes seria escolhida pelo próprio consumidor, estando situados em pontos com alto fluxo de pessoas, como shoppings centers, lojas de conveniência e supermercados.

Dessa forma, o cliente poderia retirar o produto no momento e local que lhe fosse mais conveniente.

Para analisar os impactos da implantação dos pontos de coleta são utilizadas duas teorias: Teoria da Difusão e Dinâmica de Sistemas. A primeira permite analisar o tempo de difusão do sistema proposto para a cidade analisada, através de suas políticas de divulgação do sistema. A segunda é uma metodologia que permite representar facilmente os padrões de um sistema, sendo uma importante ferramenta no processo de tomada de decisão. Sua modelagem visual permite a redução da complexidade das informações sobre o sistema e enfatiza os principais aspectos que estão sendo analisados, além de explicar como o sistema trabalha e quais relações são responsáveis pela mudança do seu comportamento.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

É extensiva a busca por soluções que amenizem os impactos da distribuição urbana em todo mundo. Contudo, no Brasil, o conceito de *city logistics* ainda é recente. Este trabalho se justifica por apresentar uma metodologia que avalia a viabilidade e os impactos da implantação de um sistema de distribuição de pequenas encomendas dentro dos conceitos de *city logistics* no cenário brasileiro.

Como o mercado eletrônico está em expansão no Brasil, torna-se necessário analisar medidas paliativas para a distribuição destes produtos, buscando reduzir os atuais níveis de congestionamentos apresentados nas principais cidades brasileiras. A implantação de um novo sistema para a distribuição de pequenas encomendas é uma alternativa importante para diminuir os impactos advindos da distribuição de mercadorias, a fim de melhorar a qualidade de vida e garantir um nível de serviço satisfatório.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma metodologia, utilizando dinâmica de sistemas, para analisar os impactos da inserção de novo sistema de distribuição urbana de pequenas encomendas, os pontos de entrega inteligentes, inserido no contexto de *city logistics*.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar a problemática da distribuição urbana, a distribuição de pequenas encomendas e os conceitos de *city logistics*.
- Modelar e analisar o processo de difusão da inovação para a implantação de novas tecnologias considerando o conceito de *city logistics*.
- Desenvolver um modelo, através da metodologia dinâmica de sistemas, para a análise do sistema de distribuição urbana de pequenas encomendas.
- Validar a modelagem proposta através de uma aplicação para a região metropolitana de Florianópolis-SC.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este capítulo introdutório é seguido por outros sete, como apresentado na Figura 1.1.

O capítulo 2 apresenta a temática distribuição urbana, o estado da arte e as novas tendências deste processo. O conceito de distribuição sustentável é apresentado como pilar para a atual tendência da distribuição urbana. São apresentados metodologias e projetos desenvolvidos para a análise e a solução dos problemas relacionados à distribuição urbana.

No capítulo 3, intitulado “*City Logistics*”, é apresentado o conceito e a metodologia para o estabelecimento desta nova tendência da distribuição urbana e a relação entre os envolvidos do processo. As condições para a modelagem matemática são brevemente apresentadas, bem como estudos desenvolvidos até o momento, envolvendo a problemática.

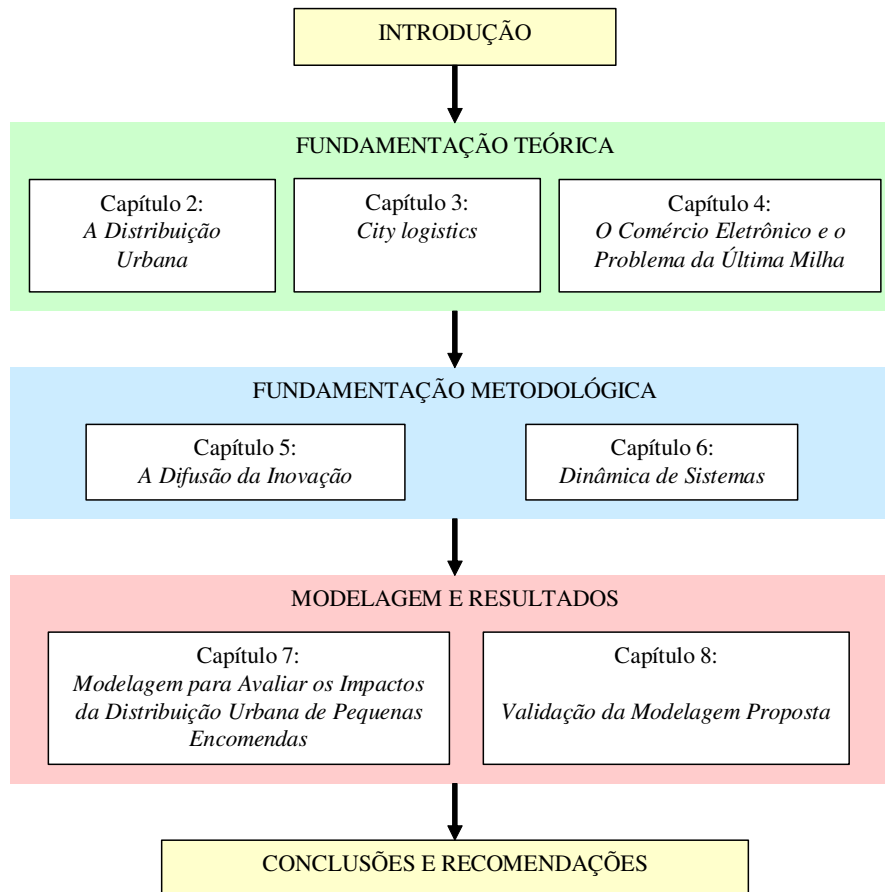


Figura 1.1: Fluxograma da Estrutura do Trabalho.

No capítulo 4, intitulado “O Problema da Última Milha na *City logistics*”, apresenta-se a problemática da distribuição de pequenas encomendas para os clientes finais, conhecida na literatura como o problema da última milha. O comércio eletrônico é abordado pela sua importância para o crescimento do problema da última milha, bem como as entregas domiciliares. Será abordada a situação do serviço de entrega expressa de pequenas encomendas no Brasil.

O capítulo 5 intitulado “A Difusão da Inovação” descreve a teoria da difusão da inovação e o modelo de Bass, e fornece ferramentas quantitativas para avaliar a taxa de difusão da inovação e identificar os vários fatores que facilitam ou dificultam a implementação da difusão. Além disso, são apresentados alguns modelos desenvolvidos aplicando esta teoria na logística.

O capítulo 6, intitulado “Dinâmica de Sistemas”, apresenta a metodologia dinâmica de sistema, sua origem e ferramentas para modelagem e simulação, sendo analisado o processo de validação do modelo.

O capítulo 7, intitulado “Modelagem para Avaliar os Impactos da Distribuição Urbana de Pequenas Encomendas”, apresenta a formulação, a estrutura e o modelo para cada uma das etapas da metodologia proposta neste trabalho, com o delineamento do sistema proposto e analisado neste trabalho.

O capítulo 8, intitulado “Validação da Modelagem Proposta”, apresenta a validação da modelagem proposta, para a Região Metropolitana de Florianópolis - SC. Foi analisada a sensibilidade do modelo para o cenário mais promissor em relação às variáveis de decisão do modelo. O último capítulo apresenta as conclusões e recomendações para futuras pesquisas envolvendo a temática abordada neste trabalho.

2 O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO URBANA

“A distribuição urbana é parte fundamental do processo de produção e distribuição.” Portal (2003)

2.1 INTRODUÇÃO

A distribuição urbana de mercadorias ocorre em áreas que são caracterizadas pela concentração de residências e atividades comerciais, assumindo grande importância no sistema de transporte por representar um relevante componente no desenvolvimento da economia. Contudo, as consequências desta distribuição, tais como congestionamento, poluição, barulho e vibrações, reduzem o bem estar, a acessibilidade e a atratividade das áreas urbanas.

Devido à alta competitividade, as companhias de transporte são pressionadas a reduzir seus custos e, ao mesmo tempo, melhorar o nível de serviço ao consumidor, geralmente conduzindo à centralização de armazéns e ao aumento das distâncias e frequência do transporte. Desta forma, ao mesmo tempo em que a sociedade não aceita os efeitos negativos oriundos do transporte, a população está em constante expansão, ocasionando, assim, um aumento do fluxo de mercadorias a ser distribuído nos centros urbanos.

Para resolver este paradoxo, um novo sistema de distribuição urbana se faz necessário, de modo que melhore o desempenho logístico e reduza os efeitos externos. Porém, o aumento da eficiência somente será possível quando todos os envolvidos estiverem bem versados sobre seu papel e a importância de uma distribuição eficiente e sustentável.

A importância da distribuição urbana pode ser evidenciada com alguns números significativos. Segundo o Portal (2003), na Europa, 75% da população vivem em áreas urbanas, somando, ainda, o fato de que a maioria das zonas industriais de produção também se concentram nestas áreas. No Brasil, este quadro não difere muito e, segundo o IBGE (2000), 81% da população vivem em áreas urbanas.

Este capítulo apresenta a definição de distribuição urbana e as diferentes maneiras que pode ocorrer. Além disso, são apresentados os problemas oriundos desta distribuição e as possíveis soluções para os mesmos, que podem ser desenvolvidas através de parcerias público-privadas, uma distribuição urbana sustentável e um sistema

inteligente de transporte. Por fim, são apresentados a modelagem e projetos de distribuição urbana desenvolvidos por diversos pesquisadores com relevante importância para o tema em discussão neste trabalho.

2.2 DEFININDO DISTRIBUIÇÃO URBANA

Segundo Dablanc (1997), o termo transporte de carga urbana pode ser definido como a organização do deslocamento de produtos dentro do território urbano. Desta forma, a movimentação de carga não é um fim em si mesmo, mas o reflexo físico de um processo econômico global, nacional e local (Czerniak *et al*, 2000).

Ogden (1992) define o transporte de carga urbana como sendo o transporte e movimentação de mercadorias, para vários destinos urbanos, atendendo as mais variadas finalidades. Nas pesquisas envolvendo transporte, o termo transporte de carga é freqüentemente definido como sendo a movimentação de mercadorias, incluindo:

- Transporte de bens acabados (produtos);
- Transporte de matéria-prima;
- Distribuição de mercadorias nos centros urbanos;
- Serviços de entrega rápida, pacotes e mensageiro;
- Tráfego nos locais em construção (entrada e saída de veículos);
- Tráfego de remoção;
- Entregas domiciliares realizadas por veículos de entrega.

Para compreender o transporte de carga urbana, isto é, as atividades de entrega, serviços e fluxo de mercadorias, é importante analisar os vários fatores envolvidos nesta operação. Somente desta maneira, é possível entender o padrão e o número destas operações nas áreas urbanas. Conhecer a causa é essencial para poder buscar alternativas que reduzam o número de operações, assegurando ao mesmo tempo que a economia urbana não se torne menos eficiente e competitiva (Alen *et al.*, 2000).

Segundo o Portal (2003), o transporte de carga urbana é parte integrante da cadeia de transporte e tem características próprias e, embora a integração tenha papel importante para a coordenação da cadeia como um todo, atualmente esta cadeia não se encontra integrada. No contexto do transporte de carga, uma cadeia de transporte

consiste em uma sequência de eventos organizacionais e técnicos, através dos quais mercadorias são movimentadas.

2.3 FLUXO DE MERCADORIAS E A DISTRIBUIÇÃO URBANA

Para compreender a distribuição urbana, é necessário também compreender os tipos de fluxo de mercadorias, o qual consiste em um processo logístico dividido nas seguintes modalidades (Portal, 2003):

- Sistema de única parada, que consiste na distribuição direta de mercadorias de um único ponto de origem para um único ponto de destino, tendo a vantagem de o fluxo de mercadorias da origem até o destino não ser interrompido (Figura 2.1).

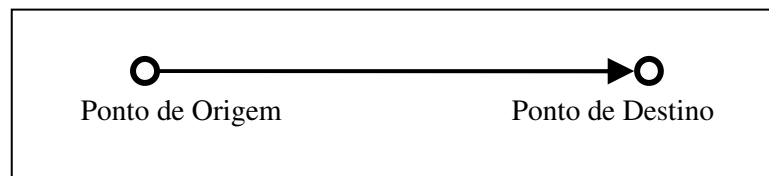


Figura 2.1: Sistema de Única Parada, com Fluxo Direto (Fonte: Portal, 2003).

- Sistema de múltiplas paradas, que consiste na distribuição indireta de mercadorias da origem para o destino, onde o fluxo de mercadorias é interrompido por, pelo menos, um ponto de transbordo para realizar o processo de agregação ou distribuição (Figura 2.2).

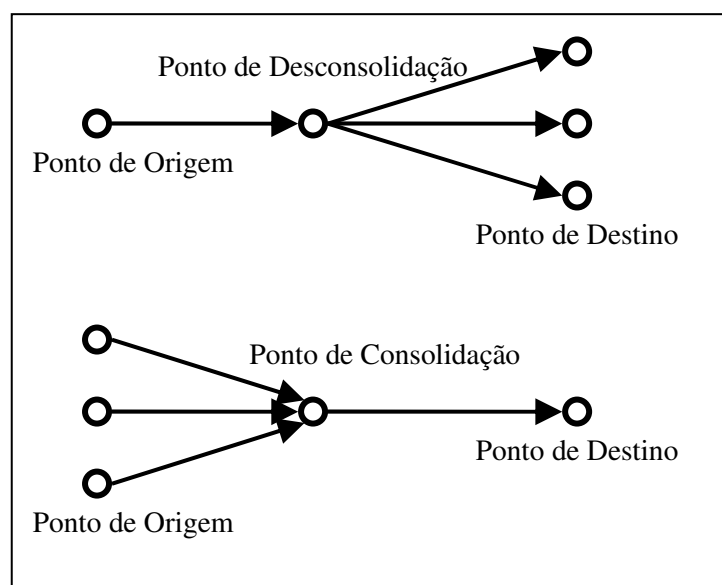


Figura 2.2: Sistema de Múltiplas Paradas, com Fluxos Indiretos (Fonte: Portal, 2003).

- Sistema combinado, que consiste em um sistema onde são realizados simultâneos fluxos diretos e indiretos de mercadorias (Figura 2.3).

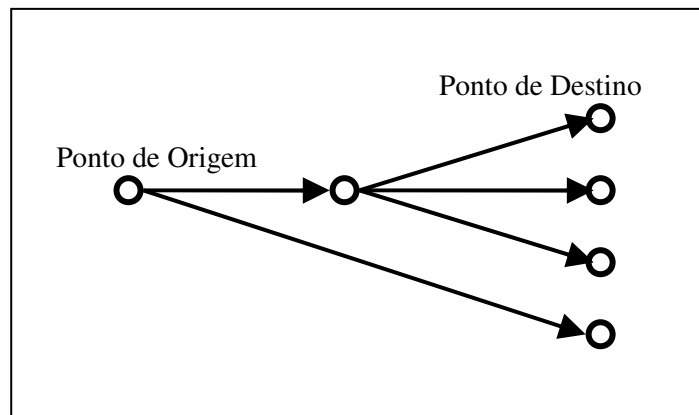


Figura 2.3: Sistema de Múltiplas Paradas, com Fluxos Diretos e Indiretos (Fonte: Portal, 2003).

Estas operações logísticas buscam a otimização do fluxo de transporte, resultando em uma distribuição direta ou esquemas de distribuição mais complexos envolvendo um ou mais centros de distribuição.

2.4 PROBLEMAS ORIUNDOS DA DISTRIBUIÇÃO URBANA

Devido à alta densidade de moradores nas áreas urbanas e aos limitados recursos, a distribuição urbana enfrenta muitas dificuldades, como a infra-estrutura de tráfego que, em geral, é limitada e, muitas vezes, impossível de ser ampliada devido ao crescimento desordenado das cidades. Essa alta concentração ocasiona maior consumo de energia por parte dos veículos que, por sua vez, emitem mais poluentes. Segundo o Portal (2003), em Bremen (Alemanha), uma cidade de 500.000 habitantes, mais de 500 toneladas de combustível são consumidos diariamente no tráfego (carga e passageiro), o que leva a altas taxas de emissão de poluentes. Em Zurique (Suíça) um terço da população vive em áreas em que a emissão de ruído está acima do limites fixados pelas leis federais.

Ogden (1992) listou alguns problemas relacionados à movimentação de cargas nas áreas urbanas. Entre os principais problemas, encontram-se:

- Congestionamento devido às dimensões, taxas de aceleração/desaceleração, carregamento/descarregamento nas vias, onde o nível do tráfego interfere no progresso do fluxo, causando atrasos;

- Deficiência da malha viária causada por falhas de projetos e baixa manutenção, incluindo vias estreitas, manutenção insatisfatória do pavimento, intersecções com leiautes inadequados, obras mal projetadas e espaço inadequado para equipamentos e árvores.
- Projetos de intersecções e sinalizações, que geram transtornos devido aos inadequados raios de giro e programação semafórica;
- Falta de regulamentação de estacionamento e locais destinados à operação de carga/descarga, que ocasiona a obstrução das vias.

A Figura 2.4 apresenta, de maneira sucinta, os problemas oriundos do transporte de carga urbana.

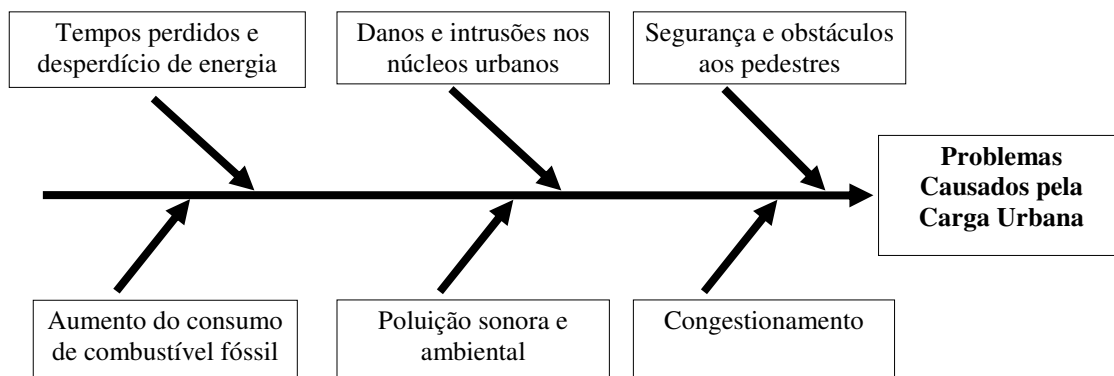


Figura 2.4: Problemas no Transporte de Carga Urbana (Fonte: Quispel, 2002)

2.5 DISTRIBUIÇÃO URBANA E SUSTENTABILIDADE

Os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável têm gerado forte influência nas políticas de transporte de carga dos últimos anos. Segundo a Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável busca atender às necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Desta forma, desenvolver um sistema de transporte de carga urbana sustentável envolve decisões numa escala geográfica variável (local, regional, nacional, internacional e global), com seus respectivos impactos econômicos, ambientais e sociais. Estes impactos estão apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1: Tipos de Impactos da Distribuição e os Problemas Gerados (Fonte: Taniguchi et al., 2001).

TIPO DE IMPACTO	PROBLEMA GERADO
Impactos Econômicos	Congestionamento; Ineficiência do transporte; Desperdício de recursos.
Impactos Ambientais	Emissão de poluentes; Uso de combustíveis não-renováveis; Descarte inadequado de produtos como pneus, óleo e outros materiais; Destruição do habitat natural de espécies animais e vegetais.
Impactos Sociais	Consequências físicas da emissão dos poluentes para a saúde pública; Prejuízos e mortes resultantes de acidentes; Ruído; Poluição visual; Dificuldade de realizar viagens com carro ou transporte público; Outras questões referentes à qualidade de vida.

Segundo Hesse (1995), são cinco os objetivos fundamentais para o desenvolvimento da sustentabilidade, formulados pelos planejadores do Reino Unido:

- Conservação de recursos naturais para garantir a oferta para as gerações atuais e futuras;
- Planejamento e desenvolvimento das construções para garantir que o desenvolvimento e utilização do ambiente construído respeitem e estejam em harmonia com o ambiente natural;
- Qualidade ambiental para prevenir e reduzir os processos que degradam e poluem o ambiente, proteger a capacidade de regeneração dos ecossistemas e prevenir o desenvolvimento que é prejudicial à saúde humana ou que reduzam a qualidade de vida;
- Igualdade social para prevenir qualquer desenvolvimento que aumente o *gap* entre ricos e pobres e encorajar o desenvolvimento que reduz a desigualdade social;

- Participação política para mudar valores, atitudes e comportamentos, encorajando o aumento da participação nas decisões políticas e nas iniciativas de melhoria ambiental.

Ainda segundo Hesse (1995), o setor do transporte é um importante campo para desenvolver estratégias de sustentabilidade, pois é causador de graves problemas ambientais, sociais e econômicos.

Para Allen *et al.* (2000), para tornar o transporte de carga urbana mais sustentável é necessário definir os problemas e as possíveis soluções, examinar quais aspectos da operação precisam e podem ser modificados para diminuir os impactos ambientais, e considerar os impactos econômicos e sociais das mudanças necessárias, analisando os conflitos entre objetivos econômicos e ambientais.

Alguns impactos sociais e ambientais, resultantes do transporte de carga urbana, podem ser quantificados, enquanto que outros não. A movimentação de veículos de carga pode ser melhorada, tornando-se sustentável em vários sentidos. Por isso, é importante distinguir entre os diferentes agentes que podem implementar essas mudanças: poder público e o setor privado.

Ainda segundo Allen *et al.* (2000), as mudanças realizadas pelo poder público acontecerão através da introdução de medidas que forcem as empresas a mudarem suas ações de forma a se tornarem ambientalmente e socialmente mais eficientes. Dentre as estratégias que podem ser tomadas pelo poder público destacam-se o gerenciamento de tráfego, zoneamento, desenvolvimento e melhorias na infra-estrutura, licenciamentos e regulamentação, taxas, impostos e terminais públicos de transbordo.

As empresas, por outro lado, poderão adotar iniciativas visando à redução dos custos de suas operações, obtendo assim benefícios com esta mudança de comportamento. Entre as iniciativas adotadas pelas companhias estão: o aumento da quantidade de carga transportada pelos veículos nos centros urbanos, através da operação de consolidação de mercadorias; expansão dos horários de entregas; utilização de softwares para roteirização e programação dos veículos; melhorias nos veículos quanto à eficiência do consumo de combustível, seu *design* e uso de equipamentos especiais; sistema de comunicação nos veículos; e melhorias no sistema de coleta e entrega (Allen *et al.*, 2000).

No Reino Unido, observa-se uma tentativa do poder público de implementar políticas de sustentabilidade da distribuição urbana. Segundo Allen *et al.* (2000), o governo está considerando e atendendo às necessidades da cadeia de suprimentos, especialmente quando relacionadas à distribuição sustentável, onde se identificam os seguintes objetivos:

- Aumentar a eficiência da distribuição melhorando a competitividade e o crescimento econômico;
- Minimizar os impactos sociais e ambientais da distribuição melhorando os índices.

Como resultado desta nova maneira de pensar, as autoridades locais incluíram a questão da distribuição sustentável no planejamento do transporte local, nos programas de alocação de recursos para projetos. Contudo, as políticas implementadas até o momento não contemplaram a questão dos veículos nos centros urbanos, ocupando-se de outras medidas como, por exemplo, a cobrança de pedágio em Londres.

Para Hesse (1995), uma estratégia de sucesso para as políticas da distribuição urbana depende da habilidade de encontrar um consenso entre os envolvidos, gerenciando as seguintes medidas e os instrumentos:

- Gerenciamento de rodovias e ferrovias e planejamento de transporte:
 - Integração da distribuição urbana em políticas de planejamento de transporte;
 - Gerenciamento de veículos especificados;
 - Infra-estrutura da entrega em espaços públicos;
 - Regulamento de entrega para indústrias e varejo;
 - Melhoria do sistema de transporte ferroviário;
- Gerenciamento do tempo:
 - Gerenciamento e aplicação de janela de tempo para as entregas;
 - Aplicação de limites de velocidade para os veículos;
 - Organização do tráfego de veículos pesados fora do período de pico;
- Terminais e infra-estrutura:
 - Planejamento da localização de terminais de carga;

- Planejamento da localização de sub-centros logísticos;
 - Infra-estrutura de telemática para os terminais;
 - Integração da oferta da infra-estrutura ferroviária;
- Planejamento das Facilidades:
 - Planejamento da localização de facilidades comerciais e industriais;
 - Planejamento da localização das empresas logísticas;
 - Planejamento da localização de locais de uso comunitário;
- Estratégias fiscais locais e regionais:
 - Pedágio;
- Melhorias na velocidade e tecnologia do veículo:
 - Apresentação de vantagens como baixa emissão de poluentes e barulhos em áreas públicas;
- Distribuição de produtos perigosos:
 - Definição de rotas para o transporte de produtos perigosos;
 - Definição de restrições para o transporte de produtos perigosos;
- Cooperação entre companhias e comunidade:
 - Desenvolvimento de um sistema de informação de transporte de carga.

2.6 SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE

Uma forma de garantir uma distribuição urbana sustentável é através do emprego de um sistema inteligente de transporte. Segundo Thompson (2003a), sistema inteligente de transporte envolve a aplicação de tecnologia de informação e comunicação avançada para reduzir custos de transporte, integrar pessoas, veículos e infra-estrutura de transporte.

Ainda, segundo Thompson (2003a), o sistema de transporte é formado por três principais elementos: controladores de veículos (motoristas), veículos e infra-estrutura de transporte. O sistema inteligente de transporte pode garantir o fluxo de informação entre estes elementos. Além disso, este sistema tem potencial para reduzir uma gama de custos associados com a movimentação de mercadorias, dentre eles, os custos de distribuição de carga através do aumento da produtividade dos veículos de entrega, da

melhoria do nível de serviço aos clientes através da confiabilidade das operações, do aumento da capacidade de carga através da redução da necessidade de infra-estrutura adicional. Além disso, o sistema inteligente de transporte pode ser utilizado para melhorar a segurança nas vias, bem como os impactos sociais e ambientais do transporte de carga.

Para Thompson (2003a), existe uma grande necessidade de informação no processo de distribuição devido ao estreito relacionamento que existe entre embarcadores, transportadores e varejistas. O sistema inteligente de transporte permite transportadores responderem às necessidades dos clientes com rapidez e eficiência, com nível de serviço satisfatório. Além disso, existem vários benefícios potenciais para os operadores de carga se tecnologias de informação avançadas forem implementadas, incluindo redução da entrada manual de dados, aumento da velocidade e precisão das transações, baixo custo de comunicação e procedimentos simplificados.

Ainda segundo Thompson (2003a), o sistema inteligente de transporte requer um alto grau de cooperação entre as organizações, sendo que a integração e a inteligência são características chaves. A integração relaciona a conexão e a coordenação dos principais elementos do sistema de transporte. A inteligência envolve obter conhecimento sobre o sistema de transporte através da coleta de dados e processamento da informação.

Também segundo Thompson (2003a), o sistema inteligente de transporte consiste de três principais elementos: aquisição, processamento de dados e disseminação da informação. Ele requer investimento da indústria de transporte e do governo. O governo justifica suas despesas através da análise custo-benefício, que será proporcional ao número de usuários, e os transportadores se interessam no investimento para reduzir seus custos operacionais, e devido ao fato de que estes são muito elevados, empresas de pequeno e médio porte têm dificuldades de justificá-los.

Dentre as tecnologias utilizadas pelo sistema de transporte inteligente, as mais utilizadas na distribuição de carga são (Thompson, 2003a):

- Sistema de Informação Geográfica: Também conhecido como GIS, consiste num sistema de hardware e software, de informação espacial e procedimentos computacionais, que permite e facilita a análise, gestão e representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem. Dentre as

principais aplicações, estão: segurança, minimização de caminho, programação e roteamento de veículos, monitoramento de demanda, planejamento logístico, dentre outros;

- Localização de Veículos Via Satélite: Também conhecido como Sistema de Posição Global (GPS), é um sistema de posicionamento por satélite, utilizado para determinação da posição de um receptor, como os veículos em um sistema de distribuição de carga. Dentre as principais aplicações desta tecnologia, estão: segurança, rastreamento de veículos e cargas, monitoramento de desempenho do sistema de distribuição, roteamento e programação dinâmica de veículos, dentre outros.

Thompson (2003b) apresenta as principais aplicações para o sistema inteligente de transporte, como sistema *matching* e sistema inteligente de gerenciamento de frota.

Sistema *matching* para a distribuição urbana busca combinar a demanda de embarcadores e a oferta dos transportadores. Todas as atividades de demanda, oferta, leilão, negociação e transação podem ser realizadas via Internet, telefone ou fax.

Em muitos casos, sistemas *matching* localizam mercados para a distribuição urbana, e permitem que somente os membros de uma associação realizem as atividades combinadas. A qualificação dos membros é muito importante para garantir um sistema de distribuição seguro e sem atrasos. O nível de serviço e a confiabilidade na distribuição dependem da qualificação dos membros deste sistema. A Figura 2.5 apresenta o esquema de um sistema *matching* para a distribuição urbana via Internet.

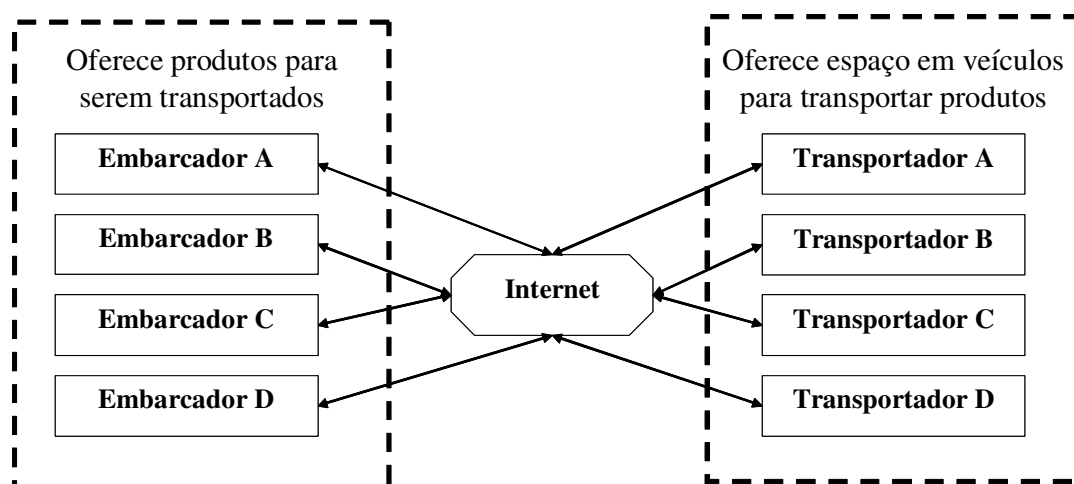


Figura 2.5: Integração de Sistemas para Transporte de Carga utilizando a Internet.
(Fonte: Thompson, 2003b)

Outra aplicação do sistema inteligente de transporte é o sistema inteligente de gerenciamento de frota, o qual foi introduzido na logística para aumentar a eficiência das operações dos veículos e carga e rastrear encomendas e contêineres, permitindo que os transportadores controlem dinamicamente os veículos de cargas para fornecer um melhor serviço ao cliente. A Figura 2.6 ilustra o conceito de um sistema inteligente de gerenciamento de frota, que é composto por um computador localizado na central de controle da transportadora e um dispositivo de comunicação móvel, que está instalado nos veículos.

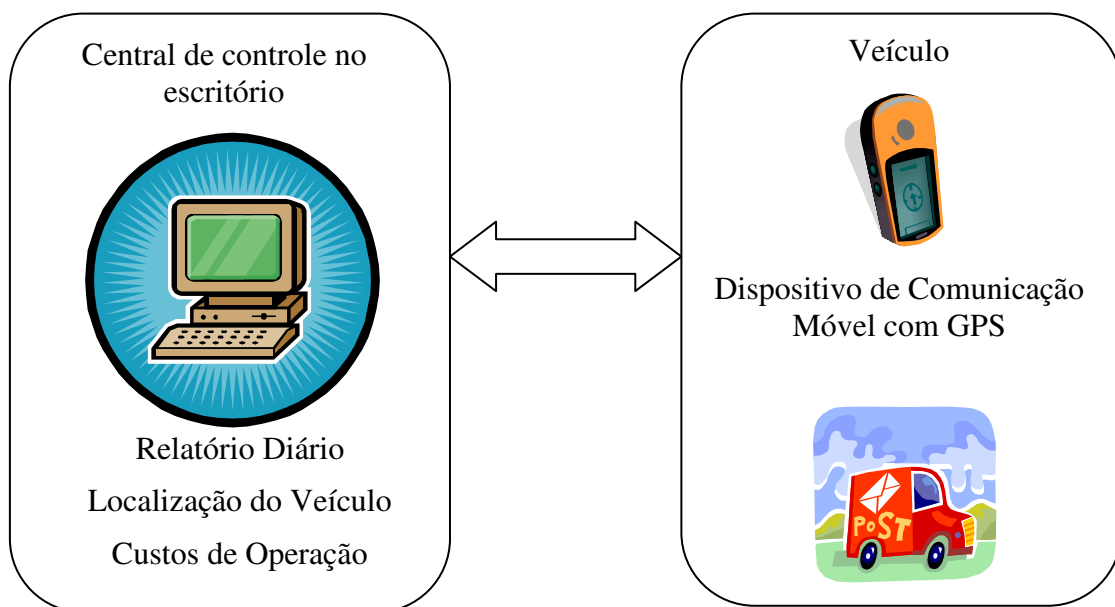


Figura 2.6: Exemplo de um sistema inteligente de gerenciamento de frota.
(Fonte: Thompson, 2003b).

O sistema inteligente de gerenciamento de frota tem várias funções, onde se destacam (Thompson, 2003b):

- Entrada de pedidos;
- Recebimento de informações do itinerário do veículo na rota e da distribuição de mercadorias;
- Localização do veículo em tempo real através de mapas digitais;
- Envio de mensagens para os motoristas, com programação dos clientes que serão visitados e, para os clientes, programando as visitas;
- Relatórios diários das rotas e programação dos veículos;

- Coleta e classificação de dados relacionados ao motorista, veículos e embarcadores etc.;
- Cálculo do custo das operações dos veículos;
- Gerenciamento das contas de cada embarcador, motorista, veículo, produto, etc.;
- Emissão de faturas aos clientes;
- Localização dos veículos e clientes com endereço e mapa digital;
- Acesso às informações de tráfego e tempo através da internet;
- Armazenamento de dados históricos das operações dos veículos (no veículo);
- Conhecimento da condição atual do veículo, motorista (no veículo);
- Recebimento de mensagens da central de controle (no veículo).

Segundo Thompson (2003b), se várias companhias trabalham conjuntamente com um sistema inteligente de gerenciamento de frota, eles precisam promover um sistema de distribuição cooperativo.

2.7 MODELAGEM E PROJETOS EM DISTRIBUIÇÃO URBANA

Segundo Button *apud* Boerkamps e Binsbergen (1999), até 1970 era pequena a atenção dispensada à modelagem da distribuição urbana. Um dos primeiros estudos sobre movimentação de carga urbana foi desenvolvido por Ogden (1992), o qual apresenta a primeira classificação dos modelos de carga urbana, revisando os modelos desenvolvidos por tipo de carga. Além disto, ele apresenta os primeiros resultados de alguns estudos na área de carga urbana nas principais cidades do mundo, principalmente americanas e australianas.

Para Russo e Comi (2004), os estudos envolvendo a distribuição urbana têm aumentado, principalmente na Europa e Japão, sendo que para gerenciar e controlar o transporte de carga urbana é muito importante ter modelos e ferramentas para simular o sistema. Além disso, o sistema de distribuição urbana precisa encontrar soluções que reconciliem os objetivos conflitantes entre os *trade-off* existentes: garantir um sistema de distribuição eficiente que atenda as necessidades da demanda com mínimos impactos

ambientais (Russo e Comi, 2002). Os modelos desenvolvidos para simular a demanda de carga derivam da integração de duas classes de modelos:

- Modelos macroeconômicos, que simulam o nível (quantidade) e a distribuição espacial de mercadorias entre as várias zonas e produzem a matriz de origem-destino;
- Modelos que simulam a escolha e a divisão modal.

Estes modelos são um dos principais componentes no planejamento de transporte, em nível estratégico, tático e operacional. Segundo Allen *et al.* (2003), o setor privado precisa prever a demanda dos serviços de transporte para antecipar os compromissos financeiros futuros, aquisição de equipamentos e requisitar mão-de-obra. O setor público precisa prever as necessidades futuras do transporte para pessoas e mercadorias, a fim de prover infra-estrutura e recursos humanos que tornem a movimentação possível.

A principal dificuldade em analisar a mobilidade urbana está em identificar os tomadores de decisão do processo, ou seja, aqueles que, além de escolherem as características da viagem, são responsáveis pela produção, distribuição e marketing, operando em diferentes campos de produção (Russo e Comi, 2002).

Garrido e Regan apud Russo e Comi (2002), propõem um sistema geral para analisar a demanda da distribuição urbana, que pode ser classificado em diversas classes: modelos gravitacionais, modelos *input-output* e modelo espacial de equilíbrio de preço.

Thorson *et al.* (2004) simularam um sistema integrado de cargas, envolvendo o desenvolvimento e a compreensão dos modelos de demanda do transporte de carga, que descreve o fluxo de mercadorias e as viagens de veículos. Segundo os autores, o maior problema no desenvolvimento deste modelo foi a obtenção de dados de movimentação de mercadorias urbanas, necessário para a validação do modelo. A simulação do sistema foi aplicada na cidade de Nova York.

Baita *et al.* (1997) analisaram a reorganização do transporte de carga em Veneza (Itália). Em geral, a carga nesta cidade é distribuída através de caminhões até um embarcadouro marítimo, de onde é transportado em barcos até o destino final. A existência de restrições, como largura e liberação do canal, tornou necessária a

utilização de embarcações de diferentes tamanhos e capacidades. Os autores analisaram a operação de transferência de mercadorias do caminhão para as embarcações e a organização interna dos produtos nas embarcações. A idéia básica do estudo foi analisar os custos relacionados com o sistema de distribuição em nível estratégico, destacando os principais *trade-offs* envolvidos. O principal foco da análise estava na organização das operações de transferência para propiciar uma distribuição eficiente em sua fase final, do ponto de transferência até o cliente final.

Boerkamps e Binsbergen (1999) desenvolveram um modelo denominado *GoodTrip* que estima o fluxo de mercadorias, o tráfego de carga urbana e seus impactos. Neste modelo, a cadeia logística é integrada e, baseando-se na demanda do consumidor, o modelo calcula o fluxo por tipo de mercadoria, em cada zona. Além disso, o fluxo de mercadorias na cadeia logística é determinado pela distribuição espacial e pelo market share de cada tipo de atividade. Um algoritmo de alocação atribui mercadorias para os veículos e outro de roteamento determina as rotas de cada modo de transporte.

Além disto, esse modelo consiste em uma ferramenta para avaliar diferentes conceitos da distribuição de carga do ponto de vista social e econômico, utilizando dados geográficos, econômicos e logísticos. O modelo pode ser utilizado para avaliar as mudanças no padrão da distribuição e da demanda, o desenvolvimento da organização da cadeia de suprimentos e melhorias ambientais e foi utilizado para comparar três tipos de sistemas de distribuição na cidade de Groningen: centro de distribuição urbana utilizando veículos cargo, centros logísticos básicos e o sistema tradicional.

Ricci (2001a) desenvolveu um projeto para analisar a real redução de custo do transporte intermodal porta-a-porta, buscando aumentar sua eficiência e competitividade na Europa. O projeto teve por objetivos desenvolver uma metodologia para calcular os custos do transporte intermodal porta-a-porta, calcular os custos em três corredores europeus, comparar os valores encontrados com os praticados e os custos intermodais com os rodoviários, avaliar os desequilíbrios e distorções do mercado e identificar políticas (públicas) e ações (econômicas) para reduzir os custos e distorções do transporte intermodal.

Rici (2001b) também desenvolveu uma metodologia e evidências empíricas para dar apoio às decisões envolvidas no desenvolvimento e avaliação de políticas de taxaço do transporte de carga e de passageiro, através dos diferentes modais na Europa. Nesse

projeto, foram considerados, como principais componentes, as contas do transporte (custos e lucros), os custos marginais e a integração.

Rowe (2001) propôs um sistema para reduzir o congestionamento na região central de Londres. Este plano se justificou por Londres ser uma das cidades do Reino Unido mais afetadas pelo congestionamento. Além disso, os motoristas gastavam 50% do seu tempo em filas na área central de Londres, estimando-se um prejuízo semanal entre £ 2 a 4 milhões por este tempo.

O sistema entrou em testes em 2001 e, em 2006, foi implantado oficialmente, com resultados ainda não divulgados, mas estimando-se redução do tráfego (entre 10 a 15%), das filas de congestionamento (entre 20 a 30%), aumento da velocidade média (entre 10 a 15%), além de maior eficiência, flexibilidade e facilidade nas entregas, e substanciais lucros que serão investidos na área de transporte. Neste sistema, os usuários que precisam se deslocar à área central de Londres, obtêm uma licença de livre acesso, que pode ser diária, semanal, mensal ou anual. A taxa cobrada por veículo/dia é de oito libras (*Transport for London*, 2006) e o pagamento é realizado pelo correio, telefone, em lojas ou pela Internet. O sistema aplica desconto de 90% para os residentes da região e isenção para veículos emergenciais, ônibus, táxis licenciados e veículos com energia alternativa.

Huschebeck (2001) apresentou recomendações para futuras atividades, buscando melhores soluções para a distribuição urbana, em projeto desenvolvido pela Comunidade Européia. Entre os principais problemas que precisam ser enfrentados pelas cidades européias, estão: a falta de políticas de carga, a necessidade de otimização no uso da infra-estrutura de tráfego urbano e redução da quantidade de emissão de poluentes resultante do transporte de carga nas cidades. Como resultado do projeto, foi recomendado que os planejadores municipais priorizassem projetos para amenizar problemas como poluição ambiental, acesso de veículos de carga em zonas de pedestres e centro históricos e a falta de infra-estrutura apropriada para entrega, com investimentos em rampas, áreas para carga/descarga, local para estacionamento.

Crainic *et al.* (2004) introduziu um sistema organizacional e tecnológico para integrar o gerenciamento da distribuição urbana. O trabalho identifica importantes questões associadas ao planejamento e operação, traçando um paralelo com os modelos da Pesquisa Operacional. Além disso, os autores descrevem a formulação do problema

de localização de uma plataforma satélite capacitada, discutindo questões referentes ao algoritmo e sua implementação, que foi aplicado na cidade de Roma.

Richardson (2005) apresenta um modelo que ilustra a interação entre os fatores que influenciam os indicadores da sustentabilidade do transporte, identificando os fatores de influência e mostrando a interação entre estes na distribuição urbana. Além disto, o modelo identifica oportunidades para intervenção política e aumenta as possibilidades de *trade-offs* entre os indicadores do transporte sustentável e as consequências não-intencionais das intervenções políticas.

No Brasil são poucas as iniciativas em relação à distribuição urbana. Segundo Dersa *apud* Dutra (2004), foi criado em São Paulo o Rodoanel Mário Covas com o intuito de desviar o fluxo de cargas da área central. A pesquisa iniciou em 1998, porém o projeto começou a ser estruturado em 2000, com dados de fluxos em diversos sentidos e por tipo de carga. Com este mapeamento, seria possível definir a localização dos Centros Logísticos Integrados que, dentre outras funções, serviriam de transbordo de carga. O Rodoanel ainda encontra-se em implantação.

Também, segundo Dutra (2004), a administração de São Paulo adotou a entrega noturna de mercadorias, cuja alteração da rotina de abastecimento da cidade, apesar dos acréscimos nos custos decorrentes dos encargos trabalhistas, permitiu o aumento da produtividade de até 50% por veículo, compensando os custos e permitindo a redução no preço do frete final. Contudo, esta medida não foi bem recebida pelo cliente final, tendo que disponibilizar pessoal para o recebimento da mesma. CET-SP *apud* Dutra (2004) propôs a utilização de operadores logísticos para diminuir a problemática, através de uma relação de confiança entre as partes, para que se tenha livre acesso às instalações.

Segundo Carvalho *et al.* (2000), foi adotada no Rio de Janeiro, através de resolução, a proibição de veículos de carga e operações de carga e descarga de mudanças residenciais em determinadas zonas, com delimitação de dias e janela de tempo, sendo permitido apenas veículos de carga de até duas toneladas.

Assim, é evidente a necessidade de desenvolvimento de metodologias que contemplem a distribuição urbana sob a ótica sustentável no Brasil. O próximo capítulo apresenta o conceito de *city logistics*, que vem emergindo para a análise do sistema de distribuição, de forma otimizada, para todos os envolvidos.

2.8 QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO

Distribuição Urbana	<ul style="list-style-type: none">- transporte e movimentação de mercadorias, para vários destinos urbanos, atendendo as mais variadas finalidades.
Problemas da Distribuição Urbana	<ul style="list-style-type: none">- Congestionamento;- Poluição Sonora e Ambiental;- Consumo Combustível Fóssil;- Segurança e Obstáculos aos Pedestres;- Outros.
Sistema Inteligente de Transporte	<ul style="list-style-type: none">- Garante o fluxo de informação entre controladores de veículos (motoristas), veículos e infra-estrutura de transporte;- Potencial para reduzir uma gama de custos associados com a movimentação de mercadorias.
Modelagem e Projetos	<ul style="list-style-type: none">- Apresenta um incremento no número de estudos, principalmente na Europa e Japão;- Para o gerenciamento e controle do transporte de carga urbana é importante ter modelos e ferramentas para simular o sistema.

3 CITY LOGISTICS

“O desafio é desenvolver e implementar políticas que não sustentem somente as funções da cidade como o crescimento econômico, mas também seu papel como agente de transformação social.” UN Habitat apud Taniguchi et al. (2003)

3.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, existe uma tendência de urbanização no mundo. As cidades buscam atrair mais oportunidades com empregos, educação, cultura, atividades esportivas etc. A concentração de pessoas nas áreas urbanas é observada através do desenvolvimento e industrialização das cidades. Contudo, isto leva à expansão das áreas urbanas e, conseqüentemente, problemas de transporte de carga devido à falta de adequadas políticas para uma logística urbana.

A eficiência e o ambiente favorável ao sistema logístico auxiliam as cidades a tornarem-se mais competitivas em termos de desenvolvimento econômico. Assim, o desenvolvimento de políticas baseada na tendência *city logistics* é uma alternativa para melhorar a eficiência do sistema de distribuição urbana. Os estudos envolvendo esta nova tendência iniciaram na década de 90, em algumas cidades européias, principalmente da Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Holanda e Suíça, através de projetos pilotos referentes a modelos alternativos para a distribuição nos centros urbanos (Petri e Nielsen, 2006).

Além disso, segundo Ricciard *et al.* (2003), existem estudos que têm mostrado o baixo fator de utilização dos veículos de carga operando nas cidades. Este é um fenômeno que precisa ser controlado através de medidas políticas que reduzam o congestionamento e aumentem a eficiência do transporte.

O desenvolvimento do comércio eletrônico também torna as iniciativas de *city logistics* muito importantes, pois este tipo de transação está alterando as atividades logísticas através da priorização da demanda de consumidores. Além disso, as atividades logísticas têm incorporado o comércio eletrônico através da integração da oferta e demanda da movimentação de mercadorias.

No final da década de 90 percebeu-se a urgência por iniciativas de *city logistics*, através de uma nova área de planejamento de transporte que equilibrasse a eficiência

requerida pelo transporte de carga urbana e os custos sociais envolvidos, que utilizaria novas tecnologias e aplicações tecnológicas e incentivaria a busca por diferentes formas de se realizar a distribuição urbana de mercadorias.

Este capítulo define a tendência *city logistics* e apresenta os envolvidos na distribuição urbana dentro desta tendência, bem como as futuras perspectivas no contexto mundial. Por fim, é apresentada a modelagem matemática para o desenvolvimento de modelos nesta tendência.

3.2 DEFININDO CITY LOGISTICS

Taniguchi *et al.* (2001) definem *city logistics* como um processo de total otimização das atividades de logística, realizadas por entidades (públicas e privadas) em áreas urbanas, considerando fatores como tráfego, congestionamento e consumo de energia na estrutura do mercado econômico. Baseia-se em uma compreensão dos problemas que incluem custos de distribuição, sociais e ambientais.

Portanto, *city logistics* visa a redução das deseconomias para tornar a totalidade do sistema mais efetivo através de soluções inovadoras que reduzam os problemas logísticos gerados pela distribuição nas áreas urbana e melhoria da qualidade.

As técnicas e projetos nessa área permitem o envolvimento de agentes públicos e privados, no intuito de reduzir o número total de viagens/veículos nas áreas urbanas e/ou diminuir seus impactos negativos. Nos projetos até hoje conduzidos, pode-se observar que a maioria deles proporcionou um incremento na rentabilidade das companhias de transporte por veículo, além de alcançar objetivos benéficos para a comunidade.

Para Munuzuri *et al.* (2005), *city logistics* é o termo utilizado para denotar conceitos logísticos específicos e práticas envolvidas na distribuição em áreas urbanas congestionadas com seus específicos problemas, como atrasos causados por congestionamento, local não apropriado para estacionar, dentre outros.

Segundo Ricciardi *et al.* (2003), *city logistics* é um conceito que cerca o domínio das idéias, estudos, políticas, modelos e métodos que permitem alcançar os seguintes objetivos:

- Reduzir o congestionamento e aumentar a mobilidade através do controle do número e dimensão dos veículos de carga que operam nos centros urbanos,

reduzindo o número de viagens “vazias” e melhorando a eficiência da movimentação de carga;

- Reduzir os níveis de poluição e barulho, contribuindo para alcançar os objetivos determinados pelo protocolo de Kyoto e melhorar a qualidade de vida dos habitantes.

Assim, integração, coordenação e consolidação são os conceitos fundamentais para desenvolver projetos e operações baseadas em *city logistics*, envolvendo: a integração dos vários envolvidos no processo decisório no transporte de carga urbana, a coordenação do processo de planejamento e decisão referente aos embarcadores e a consolidação de diferentes produtos em um mesmo veículo entre os pontos de consolidação e entrega final.

Os esquemas de *city logistics* incluem uma ou mais das seguintes alternativas (Taniguchi *et al.* 2001):

- Sistemas de informação avançados e sistemas de cooperação de transporte de carga;
- Terminais logísticos públicos;
- Compartilhamento de veículos de carga;
- Sistemas subterrâneos de transporte de carga;
- Controle de acesso das áreas urbanas.

Segundo Holguín-Veras (2003a), muitas das iniciativas de *city logistics* são implementadas em pequenas cidades, onde o congestionamento é relativamente baixo. Para Hesse (1995), *city logistics* tem potencial de alcançar mais eficiência no processo de distribuição urbana reduzindo o tempo de operação dos veículos, a distância total percorrida e restringindo a capacidade destes veículos.

Taniguchi *et al.* (2003) apresentam uma estrutura para a visão de *city logistics*, baseada em três pilares fundamentais: sustentabilidade, mobilidade e qualidade de vida, e transversalmente aos mesmos, valores como competitividade global, eficiência, cordialidade ambiental, redução do congestionamento, segurança, confiança, conservação de energia e trabalho. A sustentabilidade está voltada à minimização dos impactos ambientais e do consumo de energia. A mobilidade atende aos requisitos

básicos para o transporte de mercadorias ao mesmo tempo em que a qualidade de vida atende os requisitos de segurança viária e um ambiente melhor para a comunidade.

3.3 AGENTES ENVOLVIDOS NA DISTRIBUIÇÃO URBANA

Existem quatro agentes envolvidos no transporte urbano de carga: embarcadores, transportadores, habitantes e poder público. Cada um desses agentes possui objetivos específicos e comportamentos diferentes. A Figura 3.2 apresenta a estrutura dos envolvidos e as relações estabelecidas entre eles. É importante salientar que modelos baseados em *city logistics* são caracterizados por considerar todos estes fatores para que sejam significativos (Taniguchi *et al.*, 2001, Taniguchi, 2003).

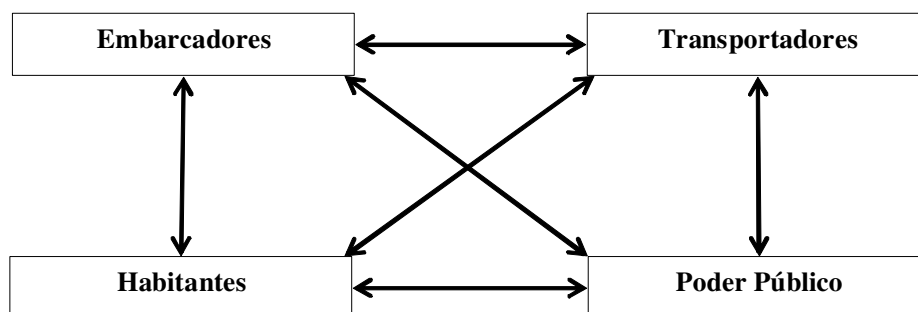


Figura 3.1: Elementos envolvidos e suas relações (Fonte: Taniguchi *et al.*, 2001).

Os embarcadores são os responsáveis pelas funções de embarque de mercadorias e eles buscam maximizar seu nível de serviço, minimizando custos, tempo de coleta/entrega e mantendo a confiabilidade de transporte. Eles são os clientes dos transportadores, enviando mercadorias para outras companhias ou pessoas, podendo também receber mercadorias.

Os transportadores são os responsáveis pela distribuição e seu objetivo é minimizar os custos associados com a coleta e distribuição de produtos para maximizar os lucros, existindo grande pressão para fornecer alto nível de serviço com baixos custos. Somando-se a isso, os transportadores encontram dificuldade de operar seus veículos nas áreas urbanas devido ao congestionamento do tráfego, ocasionando, desta forma, ineficiência nos mesmos.

Os habitantes são as pessoas que vivem, trabalham e compram nos centros urbanos. Estes gostariam que houvesse a redução dos congestionamentos, da poluição ambiental e sonora e dos acidentes próximos às áreas comerciais e residenciais.

O poder público representa os administradores municipais, estaduais e federais, sendo responsáveis pela garantia do desenvolvimento econômico da cidade, oportunidades de empregos e redução dos níveis de congestionamento, melhorando o ambiente e garantindo segurança viária para a cidade. Eles podem ser neutros ou serem os principais elementos na resolução dos conflitos entre os envolvidos da distribuição urbana. Além disto, o poder público é responsável pela coordenação e facilitação das iniciativas de *city logistics*.

3.4 CITY LOGISTICS NO CONTEXTO MUNDIAL

Como comentado inicialmente, na Europa e Japão existem vários projetos e resultados utilizando *city logistics*, considerando as particularidades das cidades analisadas. A seguir, apresentam-se alguns desses projetos.

Browne (2003) analisa os impactos das medidas de distribuição sustentável no Reino Unido, sugerindo o desenvolvimento de um modelo que apresente as relações entre as medidas políticas, operações de distribuição e impactos ambientais e financeiros. O projeto trabalha com dados operacionais de companhias de transporte e investiga possíveis variações para as operações de distribuição.

Baybars e Browne (2003) relatam um grupo responsável pela distribuição urbana em Londres com objetivo de criar uma rede eficiente que minimize os impactos ambientais, substituindo a rodovia pela ferrovia. Os autores apresentam a importância da distribuição urbana para Londres, onde o transporte de cargas representa 8% de toda a carga transportada no Reino Unido e 15% do fluxo de veículos de Londres.

Costa e Melo (2003) apresentam um projeto para a cidade do Porto, o qual analisa a ampliação do transporte público até o centro comercial, criando novas rotas para os passageiros que diariamente precisam se deslocar até este ponto, e as consequências desta ação na cadeia de distribuição. Os resultados mostram um incremento no número de pessoas que utilizam o transporte público, pois, antes destas novas rotas, a população tinha duas opções para realizar compras: carro (próprio ou táxi) ou realizar a compra pela Internet. Os autores concluíram que o congestionamento e os problemas ambientais em áreas urbanas podem ser reduzidos através da identificação das ligações ausentes na cadeia de distribuição de mercadorias e a ampliação do transporte público.

Ruesch (2003) apresenta um estudo para o transporte ferroviário urbano e as estratégias intermodais na distribuição de carga para a cidade de Zurique. Já Nemoto (2003) analisa a distribuição por pontos de coleta no centro econômico de Tóquio. A última pesquisa buscou padronizar os dados e mensagens, combinar veículos e pacotes através da Internet, consolidação de pedidos e coletas menos frequentes para obter maior eficiência nas entregas por menos congestionamento e impactos no ambiente.

Patier e Alligier (2003) mostram os efeitos de *city logistics* para compras através da Internet na França. O objetivo do projeto foi monitorar continuamente os *web sites*, entrevistar os envolvidos na cadeia e visitar as plataformas, analisando diferentes situações da distribuição urbana. Com este projeto, pôde-se observar que o desenvolvimento do comércio eletrônico, apesar de gerar um número maior de viagens, resulta em um número menor de veículos-quilômetro por dia.

Gagnani *et al.* (2003) desenvolveram o projeto para o comércio eletrônico e a distribuição urbana, sendo esta uma das maiores iniciativas de *city logistics* realizada por consórcio e que incluiu cinco cidades italianas: Roma, Parma, Veneza, Sena e Terni. O projeto envolveu operadores de transporte, centros de pesquisa, operadores logísticos, transportadoras, companhias de consultoria em transporte e companhias de tecnologia de informação. Este projeto teve por objetivo demonstrar estratégias viáveis para a eficiência da frota, satisfação do cliente, economia de energia e melhoria ambiental, ao mesmo tempo em que foi testada as ferramentas de tecnologia de informação integradas com a arquitetura comum nestas cidades. Dentre os resultados esperados, está a otimização das rotas e tempos de entrega, minimização do número de paradas, das entregas parciais e viagens “vazias”, acompanhamento da carga através de toda a cadeia de distribuição, a troca eletrônica de dados de tráfego, transporte e informações de operadores públicos e privados.

Kawamura *et al.* (2003) avaliaram a relação entre o tipo de veículo e os respectivos benefícios para a distribuição urbana. O estudo teve por objetivo desenvolver e testar ferramentas práticas para avaliar grandes projetos que focam a distribuição urbana, identificar os dados necessários para o desenvolvimento de cada avaliação e analisar os efeitos da utilização de veículos *mix*. O estudo de caso foi aplicado na Avenida Cícero, em Chicago, sendo quantificados impactos como economia no tempo de viagem, na distância percorrida, nos custos de manutenção e reparos, e no desenvolvimento econômico regional.

Kohler (2003) implementou o conceito de *city logistics* para a cidade de Kassel (Alemanha). Este é considerado um *case* de sucesso devido a fatores como o compartilhamento de informação entre os parceiros, tempos restritos de entrega no centro comercial, utilização de *software* para otimização de rotas e integração das cargas. Os resultados podem ser observados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1: Resultados da aplicação dos conceitos de *city logistics* (Fonte: Kohler, 2003).

	Sem <i>City logistics</i>	Com <i>City logistics</i>	Variação
Caminhão/km de/para centro da cidade (ano)	31.000	18.000	-42%
Caminhão/km no centro da cidade (ano)	6.500	2.600	-60%
Distância média percorrida entre paradas (metros)	670	260	-61%
Tamanho do carregamento por parada (quilo)	170	195	15%
Número de veículos de entregas por varejo (caminhões/ano)	300	260	-13%
Fator de Carga (em volume)	40%	80%	100%
Fator de Carga (em peso)	25%	60%	140%

Ainda no contexto de *city logistics*, Delfmann (1999) apresenta um sistema de distribuição de produtos ao consumidor e disposição de desperdício de embalagens no contexto na legislação europeia de embalagens. Os objetivos deste projeto foram a redução, reutilização e reciclagem das embalagens.

Ricciardi *et al.* (2003) propôs um sistema com intuito de determinar as estratégias de consolidação, alocação de recursos, tempos de partida e roteamento dos veículos envolvidos para atingir os objetivos de *city logistics*, garantindo a satisfação da demanda por transporte. O sistema foi planejado para uma extensa área urbana congestionada, circundada por auto-estradas e conectada ao restante do país e do mundo por vários meios de transporte. O primeiro nível da consolidação é executado nos terminais intermodais ou plataformas logísticas. O segundo nível acontece em unidades satélites, onde as cargas são transferidas dos veículos de entrega urbana para veículos menores para sua consolidação e distribuição no centro da cidade. Estes veículos são

ambientalmente amigáveis (tração elétrica ou à base de hidrogênio), com pequena capacidade e podem viajar ao longo de vias estreitas e congestionadas.

Holguín-Veras (2003b) investigou a eficiência da indústria do transporte, buscando desenvolver metodologias que descrevem a relação dinâmica entre oferta, demanda e eficiência da indústria do transporte, além de estimar a máxima eficiência possível para o estudo de caso realizado na República Dominicana. Para o autor, eficiência é a relação inversa do percentual de viagens vazias. A simulação foi conduzida em um dia de semana típico, considerando diferentes cenários de viagens vazias, e os resultados mostraram que reduzir 1% destas viagens representou uma economia, para o cenário analisado, de 62 milhões de dólares/ano em custos operacionais.

Fusco *et al.* (2003) propõem uma metodologia para um projeto logístico de distribuição urbana para produtos do comércio eletrônico através do gerenciamento das atividades deste tipo de comercialização, com o objetivo de otimizar os recursos e minimizar os impactos negativos. A metodologia foi aplicada na cidade de Terni (Itália), sendo proposta a heurística de algoritmo genético para a roteirização. Os resultados indicam que podem ser economizados 55% na distância total percorrida pela frota e 71% no consumo total de combustível, quando comparados com o cenário sem cooperação entre as atividades comerciais.

Dutra (2004), em trabalho pioneiro envolvendo a realidade brasileira, analisa a viabilidade de aplicabilidade dos conceitos de *city logistics*, tomando como exemplo o setor de entregas parceladas, através de uma aplicação prospectiva para a cidade de Florianópolis. A autora estimou os custos envolvidos (mão de obra, operação, instalações etc.) para a atual realidade do setor de entregas parceladas, comparando-os à outra situação, hipotética, na qual os conceitos de *city logistics* se fizeram presentes. Os resultados mostraram uma redução na quantidade de veículos e poluentes e nos custos analisados.

As experiências acima descritas, demonstram a importância da tendência *city logistics* para o planejamento da distribuição urbana de mercadorias, evidenciando, também, os benefícios econômicos, ambientais e sociais da aplicação destes conceitos.

3.5 FUTURAS PERSPECTIVAS PARA A *CITY LOGISTICS*

Thompson (2003c) indica, como futuras tendências para o transporte de carga urbana, as seguintes questões:

- Globalização, que tem fomentado o aumento da competitividade por novos mercados e é pressionada pela criação de um sistema de distribuição eficiente e confiável;
- Urbanização, que é um desafio mundial com as oportunidades de educação e empregos que oferecem potencial para um padrão de vida elevado, atraindo mais pessoas para as cidades. Assim, são grandes os desafios sociais e ambientais para a distribuição nos aglomerados centros urbanos;
- Logística, com a distribuição just-in-time, tornado-se comum também no setor varejista. Além disso, a tecnologia será um elemento fundamental para garantir a confiabilidade e a receptividade da distribuição urbana, garantindo a comunicação entre os envolvidos.

Desta forma, as iniciativas de *city logistics* oferecerão uma plataforma para desenvolver projetos que reduzam os custos dessa distribuição, ao mesmo tempo, reduzindo os impactos ambientais negativos. Assim, o grande desafio será implementar tecnologias apropriadas para criar um sistema de distribuição urbana adequado ao atual cenário mundial e às futuras gerações.

3.6 MODELAGEM DE *CITY LOGISTICS*

Prever os impactos das iniciativas de *city logistics* para avaliar propostas requer o desenvolvimento de modelagem matemática. Os modelos podem descrever o comportamento dos sujeitos envolvidos no transporte de carga urbana, incorporando atividades de movimentação e transporte de mercadorias. Além disso, os modelos também precisam quantificar as mudanças nos custos das atividades logísticas, congestionamento, poluição ambiental e sonora etc. depois de implementadas as iniciativas de *city logistics*.

Segundo Taniguchi *et al.* (2001), a modelagem de *city logistics* é um exercício desafiante, já que existem várias atividades logísticas complexas para cada um dos sujeitos envolvidos no processo. Modelar a rede de transporte é outro importante

componente dos modelos nessa área por considerar veículos de carga e passageiros, focalizando nos impactos produzidos pelos veículos de carga.

Atualmente, os modelos utilizados fornecem uma representação simplificada do sistema de carga urbana. Técnicas que fornecem estimativas quantitativas de custo e benefícios de projetos de *city logistics* fazem-se necessárias. Existem três tipos de modelos de redes que podem produzir informações e serem utilizadas para a estimação proposta:

- Demanda: mercadorias e veículos;
- Oferta: tempo de viagem e confiabilidade;
- Impactos: ambientais, econômicos, de consumo energético, sociais e financeiros.

Além disso, os modelos de *city logistics* apresentam como objetivos a redução de custos operacionais, aumento na eficiência e redução dos impactos ambientais. Para cada objetivo, está relacionado uma medida de eficiência, como o número de caminhões, carga, velocidade média, quilômetros viajados por veículo (Taniguchi *et al.*, 2001).

Segundo Dutra (2004), existem muitas ferramentas técnicas de organização de *city logistics*, as quais podem ser combinadas e adaptadas às condições específicas locais. A implementação desse tipo de inovação tende a reduzir a dificuldade de aplicação. Para Tanczos e Bokor, *apud* Dutra (2004), os principais processos na elaboração de um planejamento conceitual de *city logistics* são:

- Análise econômica e tendências na logística, com as práticas atuais em transporte urbano de mercadorias;
- Identificação dos Participantes, compatibilizando os diversos pontos de vista e os possíveis conflitos com a implementação das medidas;
- Desenvolvimento de metodologia para a obtenção das informações dos fluxos de mercadorias na cidade;
- Organização da coleta de dados e identificação do fluxo de mercadorias para locais de carregamento, rotas, períodos de tempo, frequência, volume etc.;

- Identificação de possíveis gargalos da cadeia de suprimentos causados, principalmente, pela escassez de infra-estrutura e de coordenação no planejamento logístico;
- Elaboração de proposta para que se consiga remover os gargalos e melhorar a efetividade do sistema logístico;
- Disseminação dos resultados do projeto entre os grupos de interesse.

Devido à complexidade do sistema de distribuição urbana, Taniguchi *et al.* (2001) sugerem os sistemas aproximados como uma metodologia para definir problemas e determinar soluções, fornecendo uma rede analítica para modelagem e avaliação das tendências de *city logistics*, como apresentado na Figura 3.3. Esta forma de modelagem define um processo que consiste de várias atividades correlacionadas para investigar os problemas urbanos. Além disso, os sistemas aproximados identificam a melhor forma para utilizar os recursos limitados e atingir os objetivos definidos.

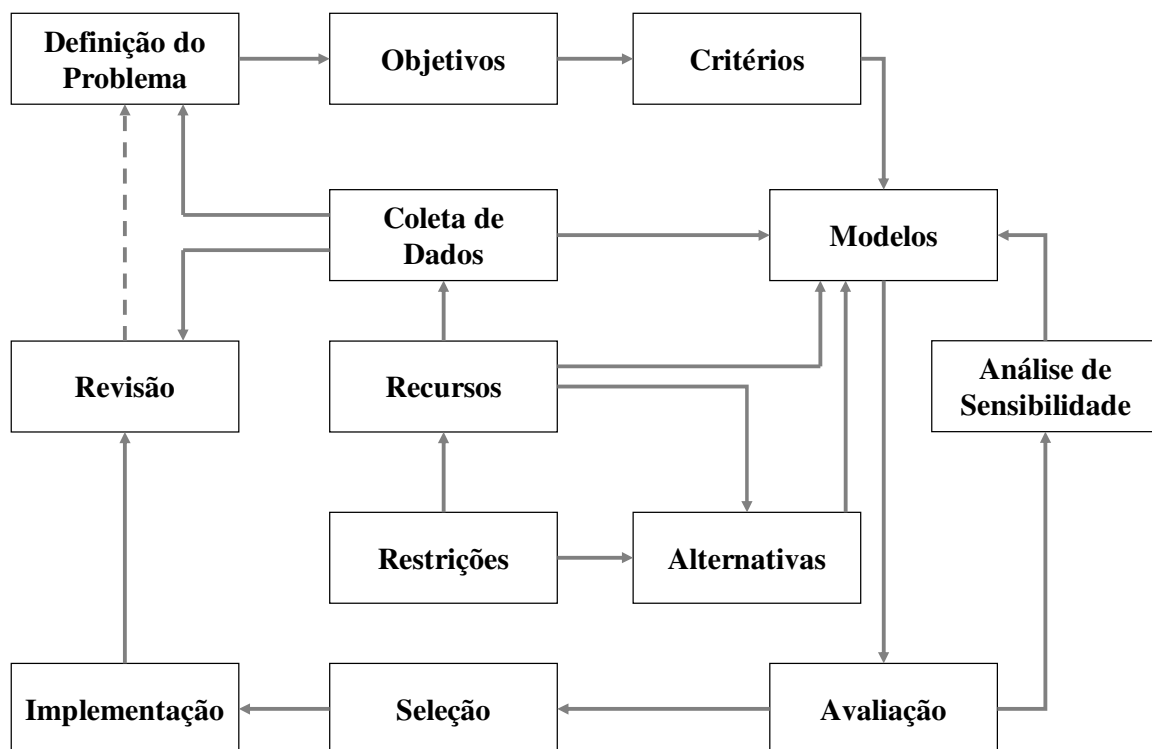


Figura 3.2: Sistema Aproximado para *city logistics* (Fonte: Taniguchi *et al.*, 2001)

Depois de implementadas as iniciativas selecionadas pelo sistema aproximado, é importante avaliar o seu desempenho, observando se o problema inicial foi resolvido e os objetivos a que foram propostas, atendidos. Isto envolve monitorar o desempenho do

sistema constantemente para garantir o sucesso das iniciativas baseadas em *city logistics*.

3.7 QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO

<i>City Logistics</i>	<ul style="list-style-type: none">- processo de total otimização das atividades de logística, realizadas por entidades (públicas e privadas) em áreas urbanas;- considera fatores como tráfego, congestionamento e consumo de energia na estrutura do mercado econômico;- baseia-se em uma compreensão dos problemas que incluem custos de distribuição, sociais e ambientais.
Agentes Envolvidos	<ul style="list-style-type: none">- embarcadores: responsáveis pelas funções de embarque de mercadorias. Buscam maximizar seu nível de serviço, custos, tempo de coleta/ entrega e confiabilidade de transporte;- transportadores: responsáveis pela distribuição. Seu objetivo é minimizar os custos associados com a coleta e distribuição de produtos para maximizar os lucros;- habitantes: são as pessoas que vivem, trabalham e compram nos centros urbanos. Estes gostariam que houvesse a redução dos congestionamentos, da poluição ambiental e sonora e dos acidentes próximos às áreas comerciais e residenciais;- poder público: representa os administradores municipais, estaduais e federais, sendo responsáveis pela garantia do desenvolvimento econômico da cidade, oportunidades de empregos e redução dos níveis de congestionamento, melhorando o ambiente e garantindo segurança viária para a cidade.
Futuras Perspectivas	<ul style="list-style-type: none">- o grande desafio é implementar tecnologias apropriadas para criar um sistema de distribuição urbana adequado ao atual cenário mundial e às futuras gerações.

4 O COMÉRCIO ELETRÔNICO E O PROBLEMA DA ÚLTIMA MILHA EM *CITY LOGISTICS*

"O comércio eletrônico está constantemente transformando o mundo, contudo é difícil quantificar sua forma e as proporções." Hall apud Browne et al. (2001)

4.1 INTRODUÇÃO

A logística é um dos problemas mais importantes e complexos para o comércio eletrônico. Segundo Câmara *et al.* (2004), dois de cada três clientes do comércio eletrônico se declaram insatisfeitos com os prazos de entrega dos produtos adquiridos. Além disso, os autores estimam que 19% das compras não são entregues devido às restrições existentes no processo de distribuição. Ainda, muitos compradores modificam suas decisões de compra devido ao custo de envio, que segundo Câmara *et al.* (2004) é um fator intimidante ligado à gestão logística.

No tocante ao comércio eletrônico, este tem elevado o número de entregas domiciliares, o que acarreta em inúmeros problemas, como o número de veículos para a distribuição e os altos custos associados, visto que as empresas necessitam oferecer serviço de qualidade e confiabilidade.

Segundo Huschebeck e Allen (2005), os operadores logísticos, responsáveis pela distribuição urbana, apresentam interesse em um sistema de entrega eficiente para os clientes finais que reduzisse os custos operacionais. Dentre as soluções logísticas estariam: a melhoria na cadeia de suprimentos para reduzir custos através de pontos de entrega inteligente, e a qualidade do serviço oferecido, principalmente nas entregas domiciliares provenientes de transações do comércio eletrônico, que deveriam prezar pela estratégia de qualidade no serviço sobre a suposição de que os clientes estão dispostos a pagar mais por um serviço melhor. As entregas domiciliares das compras provenientes do comércio eletrônico podem resultar em uma redução do número total de viagens e de veículos/quilômetros. Ainda segundo Huschebeck e Allen (2005), num estudo realizado no Reino Unido, foi calculado que se 10 a 20% do total de compras de supermercado fosse utilizado o comércio eletrônico, a substituição dos carros dos clientes pelos veículos de entrega poderia levar a uma redução de 7 a 16% no número de viagens e 70 a 80% na relação veículos/quilômetro.

Uma forma de reduzir o número das entregas domiciliares é através dos pontos de entrega inteligentes, que consistem de equipamentos onde os produtos podem ser deixados pelos operadores logísticos até que os clientes possam ir retirá-los, sendo acessados por códigos eletrônicos.

Além da redução das entregas domiciliares, os pontos de entrega inteligentes consistem em uma alternativa para restringir o crescimento das operações de entrega nos centros urbanos, além de ser uma opção interessante para reduzir os custos da distribuição urbana, tendo como importante fator de sucesso a localização dos equipamentos (Huschebeck e Allen, 2005), que poderiam estar localizados em lojas de departamentos, postos de gasolina, lojas de conveniência, dentre outros (Punakivi, 2003).

Este capítulo apresenta o conceito de comércio eletrônico, seus potenciais clientes e o atual perfil de consumo mundial, bem como o problema da última milha no enfoque da logística urbana, gerado a partir da distribuição dos produtos até o cliente final. Soluções para este problema são apresentadas, considerando a experiência internacional, com enfoque para os pontos de entrega inteligente. Por fim, é apresentado o serviço de entrega expressa, principal responsável por distribuir os produtos do comércio eletrônico, e as principais empresas que prestam este tipo de serviço no Brasil.

4.2 O COMÉRCIO ELETRÔNICO

Segundo Visser e Nemoto (2003), o comércio eletrônico é um mercado em expansão através de diferentes tipos de produtos e serviços, o qual tem gerado enormes gargalos para a distribuição urbana. Iniciou nos Estados Unidos com o lançamento da Amazon.com em 1995, rapidamente atraindo outras lojas do gênero, vendendo, principalmente cds musicais, brinquedos e mobília.

Este tipo de comércio oferece, ao empresário, novas possibilidades para comercializar seus produtos e serviços sem necessitar de um espaço físico para expor e vender os produtos aos clientes. Além disto, ele facilita a compra de produtos e os consumidores recebem seus produtos adquiridos em seus domicílios. Desta forma, o comércio eletrônico e as entregas domiciliares estão fortemente relacionados (Visser e Nemoto, 2003).

Ainda, segundo Visser e Nemoto (2003), a grande expectativa para o comércio eletrônico é a transformação da cadeia de suprimentos, como mostra a Figura 4.1. Como resultado, as operações logísticas serão afetadas e, mesmo as pequenas e médias empresas terão a possibilidade de mostrar mundialmente seus produtos. A Internet será utilizada como ferramenta para a cooperação entre parceiros e será uma catalisadora no processo de padronização da troca eletrônica de dados entre companhias.

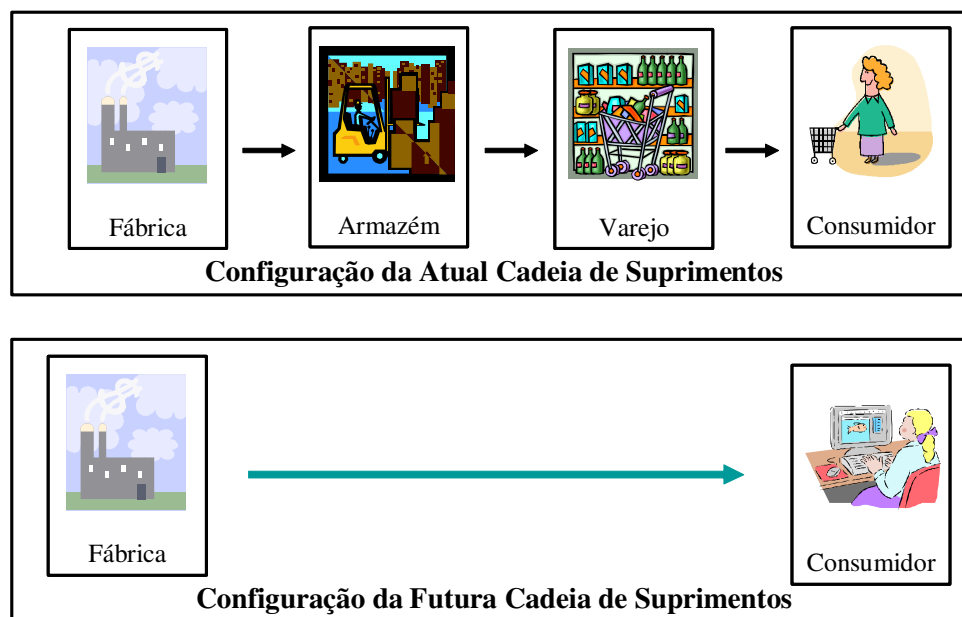


Figura 4.1: Organização Atual e Futura da Cadeia de Suprimentos (Fonte: Visser e Nemoto, 2003)

De acordo com a OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development**) apud Visser e Nemoto (2003), o comércio eletrônico se refere as diferentes formas de transações relacionadas às atividades comerciais, envolvendo organizações e indivíduos, sendo baseado no processo e transmissão de dados digitalizados, incluindo texto, som e imagens. Também se refere às consequências que a troca eletrônica de informações comerciais pode ter em instituições e processos que mantêm as atividades comerciais. De maneira mais limitada, o comércio eletrônico pode ser definido como a venda de produtos pela Internet.

Segundo Novaes (2004), os principais elementos que distinguem o comércio eletrônico do comércio tradicional são os seguintes:

* Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica.

- Comunicação, cujos serviços dão suporte às trocas de informações entre os clientes e vendedores;
- Dados, cujos serviços de gerenciamento de informações, no comércio eletrônico, desempenham dois papéis importantes: permite que se criem e mantenham bases de dados necessárias ao fornecimento de informações sobre diversos tipos de clientes, e as páginas da Internet, que permitem que se levantem informações sobre os usuários;
- Segurança, que autenticam as fontes de informações e garantem a integridade e a privacidade na troca de informações.

4.2.1 OS POTENCIAIS CLIENTES E O PERFIL DE CONSUMO DO COMÉRCIO ELETRÔNICO

O número de potenciais clientes do comércio eletrônico é frequentemente indicado pelo número de usuários da Internet. Assim, todos os usuários da Internet são considerados potenciais clientes do comércio eletrônico. Segundo Visser e Nemoto (2003), as pesquisas demonstram que o nível de experiência com a Internet é um importante fator para a utilização dos serviços de comércio eletrônico. Segundo a pesquisa da consultoria *comScore Networks* (Lipsman, 2006), o Brasil se encontra no 11º lugar no ranking mundial quanto ao uso da Internet, como mostra a Figura 4.2.

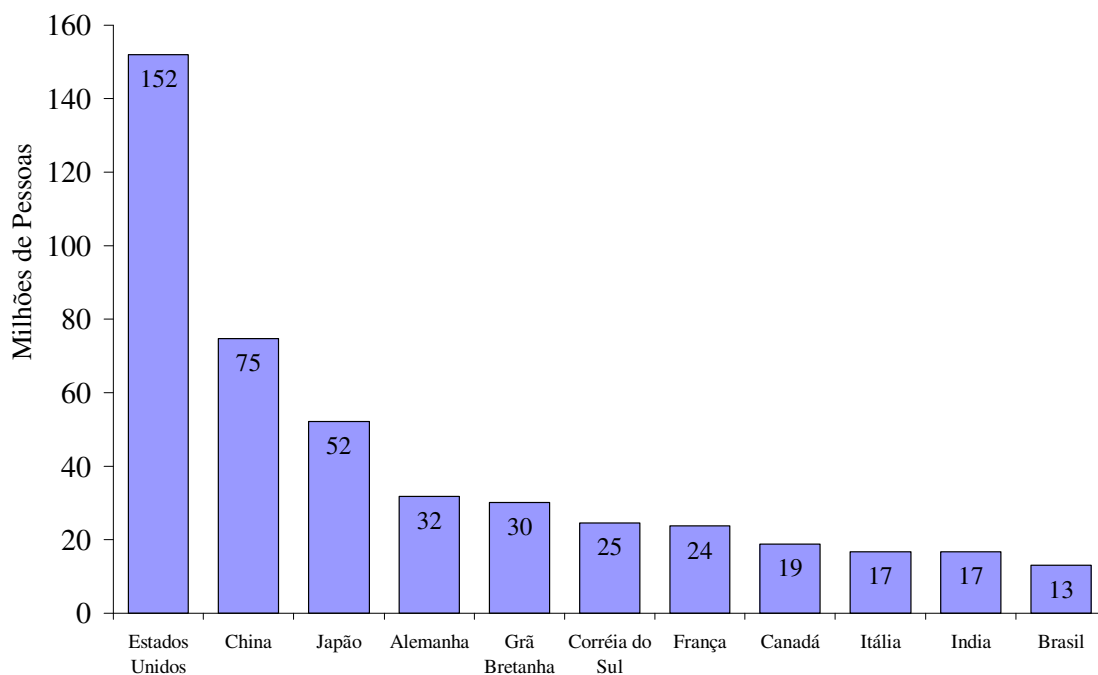


Figura 4.2: Usuários da Internet, em 2005 (Fonte: Lipsman, 2006)

Segundo a PNAD (Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio), em 2005 o Brasil tinha 32,1 milhões de usuários da Internet. Esta mesma pesquisa levantou que o tem, em média, 28,5 anos, estudou em média 10,5 anos e tem rendimento médio mensal de 1.000 reais.

Até o momento, a maioria dos consumidores se interessa por pagamentos eletrônicos como parte das transações, embora o sentimento de transmitir o número do cartão de crédito pela Internet ou por outros meios ainda não seja considerado seguro. Logo, se novas tecnologias propiciassem este sentimento de segurança, o comércio eletrônico atrairia mais pessoas. Outra barreira do comércio eletrônico está na confiabilidade de garantir a entrega da mercadoria. Várias empresas, que se dedicam ao comércio eletrônico, têm ou já tiveram problemas logísticos. Contudo, mesmo com estas barreiras, este tipo de comercialização apresenta forte tendência de crescimento.

Em teoria, o comércio eletrônico pode ser utilizado para todos os tipos de produtos e serviços. De acordo com a pesquisa de Ernst e Young, *apud* Browne *et al.* (2001), livros e CDs são os produtos mais comprados *on-line*, como mostra a Figura 4.3.

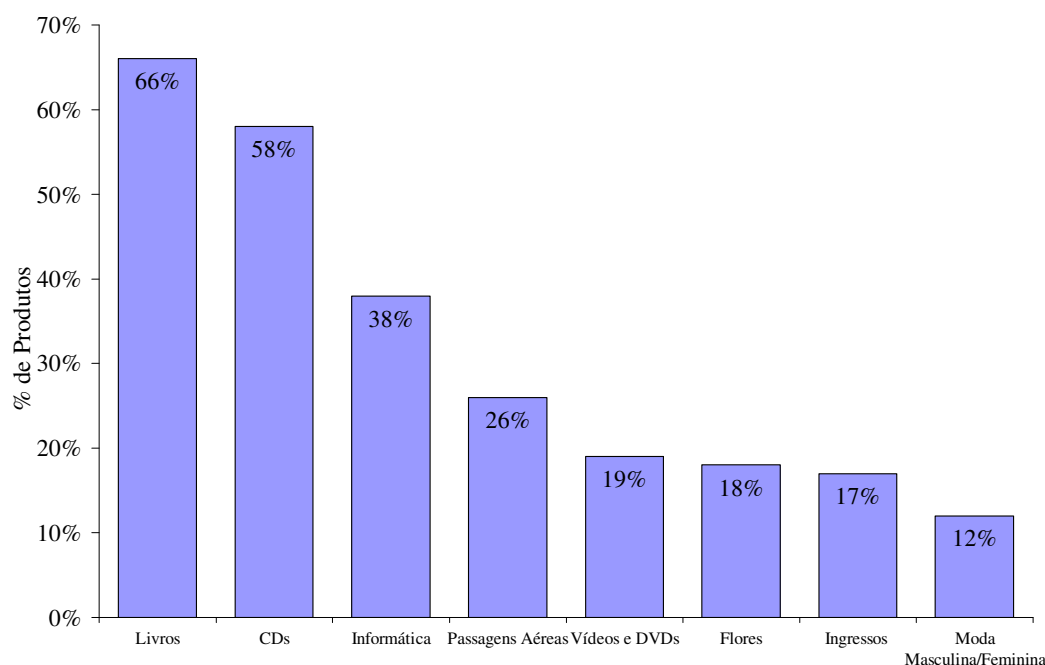


Figura 4.3: Percentual dos principais produtos comprados pela Internet (Fonte: Browne, 2001).

4.3 O PROBLEMA DA ÚLTIMA MILHA NA TENDÊNCIA CITY LOGISTICS

A última milha é apresentada como a conexão final entre os fornecedores de comunicação e seus clientes. Segundo Dutra (2004), para a logística, o problema da última milha é similar ao problema de “comunicação”, uma vez que este se agravou com o avanço da rede de computadores e dos sistemas de telecomunicações, com as conseqüentes e crescentes vendas pela Internet, as quais desencadearam todo um processo de necessário rearranjo de entregas.

Este problema ganhou ênfase devido ao fato de a última parte de entrega, isto é, levar os bens até o usuário final, ser a parte mais cara e desafiadora do comércio eletrônico. A empresa Newlogix, *apud* Dutra (2004) apresenta um conceito simples para o problema da ultima milha, considerando as entregas realizadas pelos serviços postais ou correios (Figura 4.3).

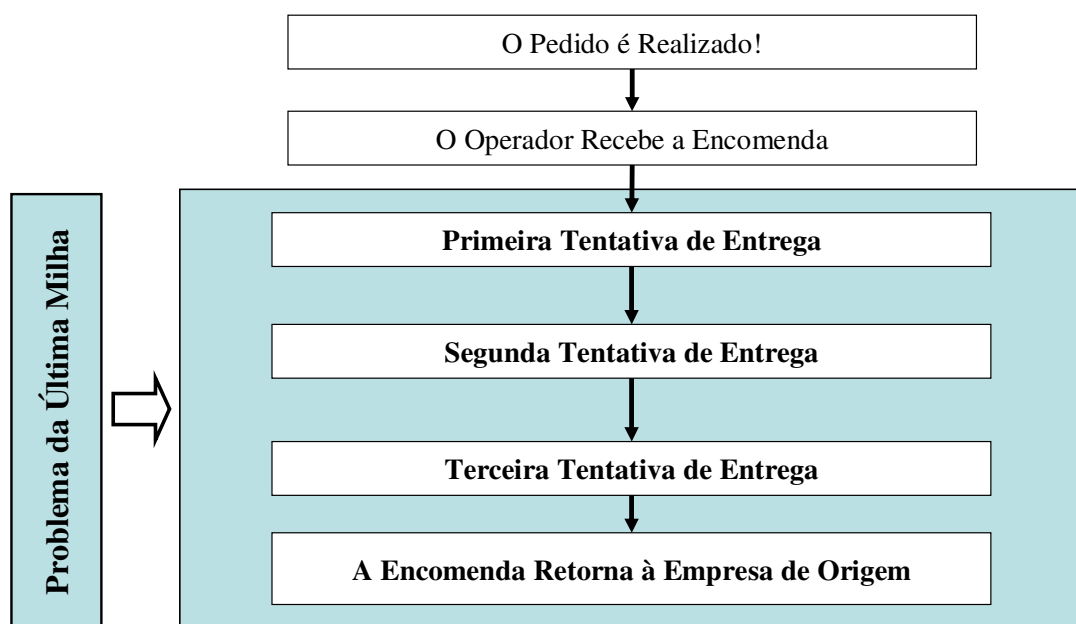


Figura 4.4: Conceito do Problema da Última Milha
(Fonte: Newlogix *apud* Dutra, 2004 - Adaptado pelo autor)

Segunda Dutra (2004), deste conceito, fica evidente que, para o caso dos transportes, a última milha está muito relacionada ao número de viagens necessárias para que se consiga atingir o objetivo maior: a entrega do produto ao destino final, necessitando, muitas vezes, de mais de uma tentativa para se chegar ao objetivo. Newlogix, *apud* Dutra (2004) afirma que 60 % das entregas do comércio eletrônico são realizadas com sucesso e os custos da distribuição por encomenda no domicílio somam

cerca de 40% dos custos do serviço postal alemão. Laseter *et al.* (2003) afirmam que 20 a 30% das entregas necessitam de múltiplas tentativas de entrega.

Segundo Cámara *et al.* (2004), o problema da última milha deve-se basicamente a quatro razões:

- Baixa densidade: as empresas do comércio eletrônico atendem uma população de clientes com alta dispersão geográfica. Isto acarreta em pedidos de baixo valor unitário com alto custo de transporte;
- Ausência do cliente no momento da entrega. No comércio eletrônico, o destinatário do produto é uma família, o que acarreta muitas vezes em o operador logístico chegar para realizar a entrega e não haver nenhum residente em casa;
- Logística Inversa. Conseqüência de não encontrar o cliente em casa e, muitas vezes, acarreta na anulação da transação e um, conseqüente, aumento nos custos de entrega.

Para Laseter e Shapiro (2003), o crescente aumento das entregas justifica-se pelo comércio eletrônico, que tem aumentado o número de entregas domiciliares por gerar, na maioria das vezes, uma encomenda para cada viagem e pelas múltiplas tentativas de entrega, caso o cliente não esteja em casa, elevando os custos com distribuição.

Além disso, os custos econômicos associados ao problema da última milha são resultados da distância média percorrida por encomenda/veículo, do número de encomendas/caminhão e de tentativas de entrega/encomenda.

Para Nemoto *et al.* (2001a, 2001b), quatro cenários são concebidos no que se refere à distribuição urbana e ao problema da última milha:

- As entregas voltam para os embarcadores, não sendo um cenário atrativo para os envolvidos;
- Os transportadores tentam entregar o produto em diferentes momentos, gerando custos extras;
- O transportador deixa o produto em um local específico, na casa do receptor, com algum tipo de segurança;

- Os consumidores retiram o produto em um específico ponto de entrega: os serviços postais e de entregas parceladas utilizam as instalações dos correios e lojas de conveniência como pontos de entrega.

O Quadro 4.1 apresenta os resultados de uma pesquisa de preferência entre usuários franceses realizada em 2000, abordando os melhores serviços logísticos de entrega para encomendas com menos de 20 quilos.

Quadro 4.1: Preferência dos Consumidores dos Locais de Entrega (Fonte: Sondage, 2000).

LOCAL	PERCENTUAL
Entregas Domiciliares com aviso	32,37%
Entregas Domiciliares entre 18 e 22 horas sem aviso	13,73%
Entregas Domiciliares sem aviso	5,88%
TOTAL	50,98%
Entregas em locais dedicados a vendas por comércio eletrônico	21,57%
Entregas em comércio próximo	16,67%
Entregas no local de trabalho	6,86%
Entregas a um ponto consignado	3,92%
TOTAL	49,02%

Browne *et al.* (2001) definem entregas domiciliares como sendo a distribuição de mercadorias até a residência do cliente (ou em outro local selecionado pelo cliente, como o local de trabalho), indiferente do modo como o pedido foi realizado. Em geral, este tipo de distribuição foca três categorias de produtos:

- Itens adquiridos de supermercados, incluindo os produtos comprados pessoalmente, pela Internet, fax ou telefone;
- Pequenas encomendas, incluindo os produtos adquiridos pelo correio ou comércio eletrônico, como livros, cds, roupas, calçados, jóias, relógios e presentes. Essa definição não inclui as cartas. Estas entregas são parceladas e usualmente realizadas por uma única pessoa;
- Grandes encomendas, que incluem produtos como mobília, itens para jardim, dentre outros. Frequentemente, junto com a entrega é realizada a instalação, sendo freqüente a aquisição desses produtos em lojas físicas.

Além disso, Browne *et al.* (2001) afirmam que o crescimento das entregas domiciliares pode aumentar significativamente o número de viagens, não existindo evidência se os impactos gerados por essa atividade são positivos ou negativos. Além disso, essa distribuição ocorre em áreas residenciais, tornando altos os impactos sociais e econômicos, e encontrar um local adequado para estacionar os veículos é o principal problema existente na execução de entrega, problema este que só tende a piorar com o aumento do comércio eletrônico.

Apesar disso, existem fatores importantes que tornam as entregas domiciliares atrativas para os consumidores. Segundo uma pesquisa da *Veredict Research*, *apud* Browne *et al.* (2001), destacam-se: economia de tempo, mercadorias volumosas, natureza do produto, falta de transporte para o auto-atendimento e horário de atendimento e incômodo das lojas físicas.

Browne *et al.* (2001) apresentam na Figura 4.5 os fatores que determinam a presença do cliente para o recebimento da mercadoria. Observe que, caso o produto seja encaminhado para pontos de coleta e distribuição, ter-se-ia uma possível solução para o problema da última milha.

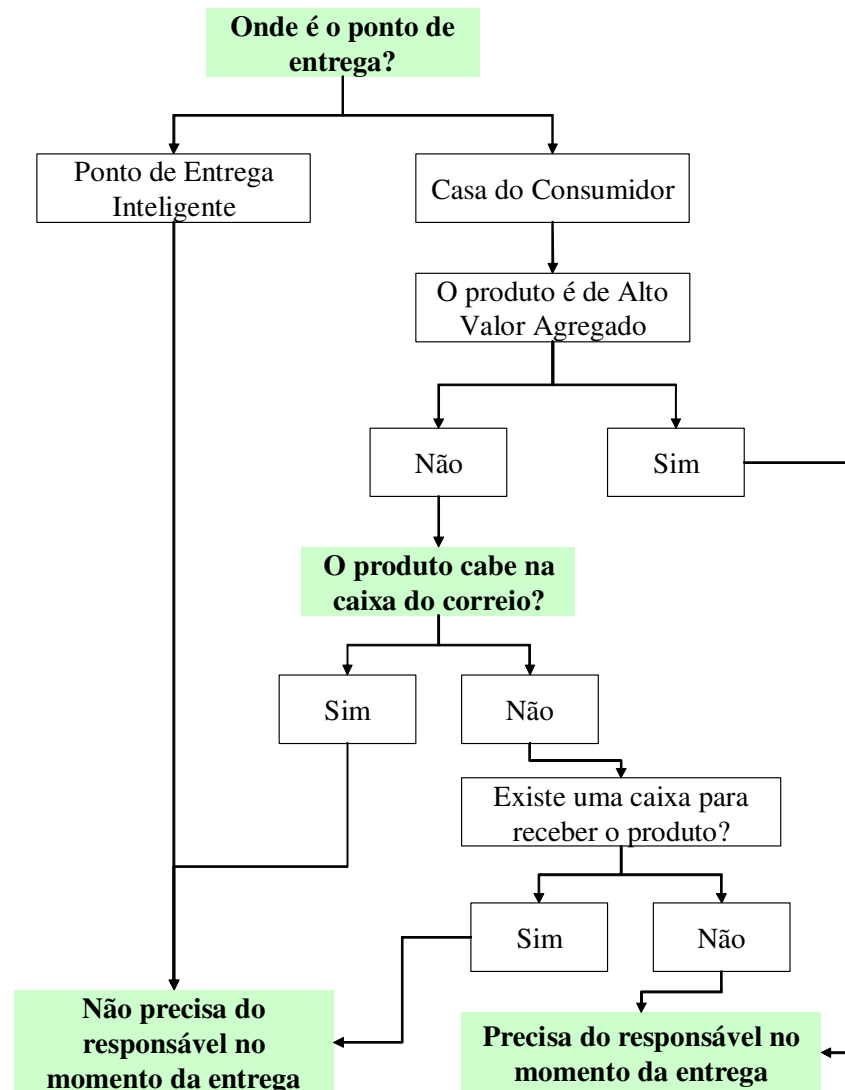


Figura 4.5: Fatores que afetam a presença dos clientes no momento da entrega (Fonte: Browne *et al.*, 2001, adaptado pelo autor).

Vale ressaltar que os fatores que tornam atrativos a compra tradicional e a compra virtual podem variar dependendo do produto desejado. Em contraposição a isto, existem alguns aspectos que podem deixar de atrair e/ou desencorajar consumidores a aceitar este tipo de serviço, como confiabilidade do comércio formal, a inconveniência da entrega, principalmente ter que aguardar pela mesma, sistema impessoal e em constante transformação, possibilidade de avaria nos produtos (no transporte ou manuseio), além dos inconvenientes para a devolução do produto.

4.4 PONTOS DE ENTREGA INTELIGENTES

Segundo Browne *et al.* (2001), o aumento dos pontos de entrega inteligentes pode permitir um incremento da eficiência na distribuição. Uma pesquisa da PA Consulting, *apud* Browne *et al.* (2001), indica que 23% dos compradores poderiam

gastar mais em compras virtuais se fossem oferecidas mais opções às entregas domiciliares. O mesmo estudo também aponta que 34% dos entrevistados poderiam gastar mais no comércio eletrônico se eles pudessem buscar seus produtos em locais de fácil acesso, como estações de metrô e/ou postos de combustível.

Os pontos de entrega inteligentes, além de amenizarem o problema da última milha, permitem rotas otimizadas, bem como a programação de entregas. Os produtos podem permanecer nesses pontos até o momento conveniente para o consumidor ir retirá-los. Segundo Browne *et al.* (2001), os produtos são transportados até o local especificado pelo cliente, onde exista um ponto de entrega inteligente. Esse sistema pode se apresentar das seguintes formas:

- Podem ser lojas de conveniência que fazem parte de uma cadeia. Os produtos seriam examinados por um operador no momento da chegada, que informaria aos clientes que a encomenda estaria disponível. Os clientes então se deslocariam até esse local, comprovando sua identidade para retirar o produto;
- Primeiramente, os produtos primeiro são consolidados em armazéns da empresa responsável pela distribuição até os pontos de coleta/entrega. Deste ponto, o sistema segue o mesmo processo descrito acima;
- Outras companhias podem distribuir os produtos nos locais de interesse dos clientes, em dia e horário conveniente;
- Utilização de caixas automáticos que, com apropriado sistema de identificação, os clientes poderiam coletar seus produtos em qualquer hora do dia e/ou da noite.

Segundo os mesmos autores, muitos destes esquemas são projetos-pilotos. Os clientes têm a opção de os produtos serem entregues nos pontos de entrega, podendo escolher o local mais conveniente, ou indicando o código postal com ponto de entrega inteligente mais próximo. Prevê-se a cobrança de uma pequena taxa pelo serviço. Alternativamente, o transportador pode decidir entre utilizar o sistema de entrega ou conduzir todas as entregas, que não foram bem sucedidas nas entregas domiciliares, para estes pontos. Além disto, o sistema poderia se adaptar na utilização do método mais conveniente para o cliente.

As lojas de conveniência apresentam interesse em oferecer este serviço, pois percebem que este sistema pode aumentar o número de vendas. A pesquisa de DTZ Researcher, *apud* Browne *et al.* (2001), identificou outros pontos que apresentam potencial para oferecer esse tipo de serviço em termos de acessibilidade, cobertura geográfica, tipo de viagem, tempo de funcionamento, sendo lojas de departamento, confeitarias, padarias, bancas de jornal, postos de gasolina, correios, lojas de conveniência, estacionamentos comerciais, áreas com alta concentração de trabalhadores e centros econômicos.

Dentre as questões-chaves, que precisam ser analisadas para a implantação, estão: a distância que o cliente se dispõe a percorrer para coletar o seu produto e se esta distância é pequena o suficiente para se percorrer o caminho a pé ou com transporte público, ou ainda se o cliente terá que ir de carro (que depende do tamanho e peso da encomenda) e, conseqüentemente, o fluxo adicional de veículos particulares. Além disso, precisa ser analisado o custo que os clientes estão dispostos a pagar por este tipo de serviço, o percentual de clientes que desejam coletar eles próprios seus produtos e, para o caso em que a opção entrega domiciliar não é disponibilizada do ponto de coleta, se os clientes que não possuem veículos utilizariam o sistema.

4.4.1 TECNOLOGIAS

Cámara *et al.* (2004) apresentam algumas soluções que pretendem resolver o problema da ultima milha. A primeira destas soluções consiste de uma “caixa inteligente” de correio, dotada de avanços tecnológicos (Figura 4.6). Esta caixa (idealizada pela empresa norte-americana Brivo (www.brivo.com)) contém um processador Intel e um modem que avisa aos clientes quando eles recebem uma encomenda. O custo médio mensal desta caixa esta entre 10 e 20 euros. A caixa virtual poderia eliminar grande parte dos problemas de múltiplas tentativas de entrega quando não existe resposta por parte do cliente. Contudo, esta solução tem sido criticada por ter um custo adicional para o cliente, por um serviço que seria gratuito. Calcula-se que os clientes, potencialmente interessados neste sistema, não ultrapassam 3% do total de clientes do comércio eletrônico, o que não seria uma medida para eliminar o problema da ultima milha.

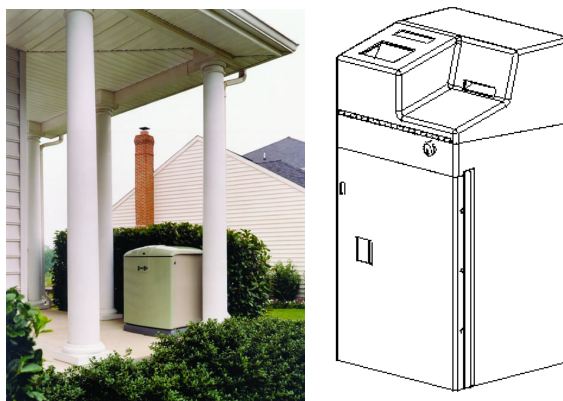


Figura 4.6: Brivo Box (Fonte: www.smartbox.com)

A empresa *xBox Company* apresenta uma solução menos sofisticada e mais econômica, a “*zBox smart-box*” (Figura 4.7), que não tem capacidade de enviar mensagens via Internet, mas possui uma bateria interna que gera um novo código de acesso para cada encomenda. O cliente, que retira a encomenda, pode utilizar a senha muitas vezes.

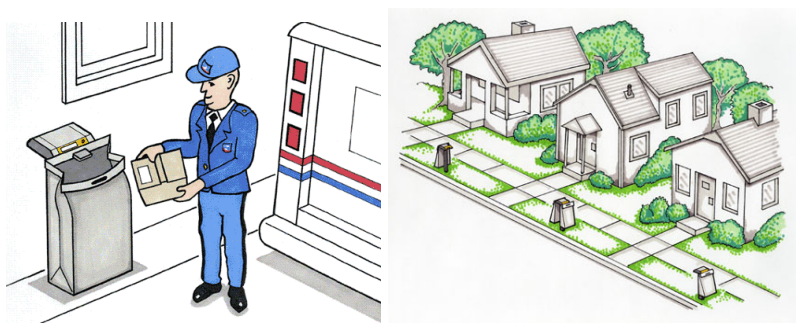


Figura 4.7: Smart-Box (Fonte: www.smartbox.com)

A empresa norte-americana (Eship-4u) propôs um sistema de entrega automática de pacotes, denominado *Automatic Delivery Machine* (ADM) (Figura 4.8). As ADMs são máquinas que incorporam orifícios de saídas de diversos tamanhos. Estas máquinas poderiam estar localizadas em lugares de fácil acesso como centros comerciais, estações de metrô e aeroportos das principais áreas urbanas. As ADMs poderiam ser complementados com a instalação de um sistema de aviso, com base de comunicação móvel, que informaria ao cliente a chegada de seu pedido. Também podem ser deixados produtos para devolução (produtos com defeitos ou indesejáveis). Segundo Browne e Allen (1997), estas facilidades podem estar localizadas próximas às áreas comerciais ou em centros comerciais, particularmente próximos a estacionamentos. A distribuição

pode estar combinada com outros serviços, como acontece nos Países Baixos, onde esse tipo de serviço está associado ao serviço postal.



Figura 4.8: *Automated Delivery Machines* (Fonte: <http://www.logistics-assembly.siemens.com>)

Outro sistema engenhoso, embora nem sempre útil, foi proposto pela empresa norte-americana Streamline (www.streamline.com), que não teve êxito em seu negócio, embora o sistema pudesse ser importante em determinadas circunstâncias. A empresa facilitava a entrega de produtos com a instalação de um receptor na garagem do cliente. O operador logístico teria acesso ao receptor através de um código secreto. A vantagem deste serviço é que seriam mantidas as entregas domiciliares e, como aspecto negativo, destaca-se a necessidade de instalação de um dispositivo adicional no domicílio do cliente, que acarreta em incremento nos custos logísticos.

Além disto, a Newlogix apresenta o “DropBox24” e o “Shopping Box” (Figura 4.9) como soluções desenvolvidas pela empresa para a questão da última milha. Mais detalhes sobre o *shopping box* podem ser obtidas no site www.shopping-box.de.

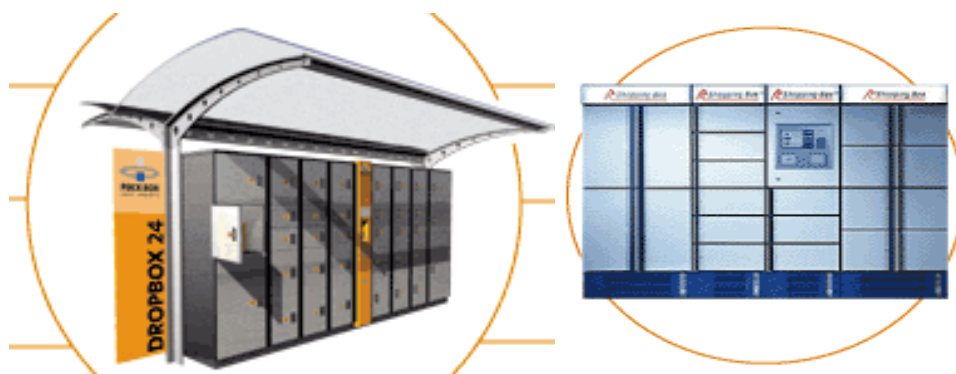


Figura 4.9: DropBox24 (direta) e Shopping Box (esquerda) (Fonte: www.newlogix.de)

A empresa Keba apresenta o KePol (Figura 4.10), uma espécie de “*smart-box*” localizado em áreas de grande movimento e disponível 24 horas. Este tipo de dispositivo está conectado com empresas de distribuição e seu funcionamento é

semelhante a ADM, sendo um sistema de auto-atendimento, no qual o pedido, solicitado pelo cliente, é marcado com um número de identificação quando remetido. Este número permite rastrear e identificar a encomenda na máquina. O pedido é entregue ao sistema de auto-atendimento e a máquina é automaticamente informada. O serviço de entrega informa ao cliente, via e-mail ou *sms*, e entrega um *postcard* com o código de identificação. O cliente se identifica no visor, sendo informado sobre a localização da caixa inteligente, que é automaticamente aberta para o cliente retirar a encomenda. Após o produto retirado, o cliente fecha a mesma. Este equipamento é utilizado pelo correio alemão e está em fase de testes desde novembro de 2005 na Normandia para o envio e recebimento de encomendas.



Figura 4.10: KePoL (Fonte: www.keba.com)

Câmara *et al.* (2004) defendem que essas tecnologias são integrantes potenciais da primeira categoria de solução para a última milha, pois as empresas de transporte têm buscado aumentar a densidade de entrega. Quando os clientes estão dispersos, este valor é baixo e os custos de transporte são elevados. Contudo, se os clientes estão concentrados nos pontos de coleta e entrega, eleva-se a densidade de entrega.

4.5 ENTREGAS EXPRESSAS

O relatório “*International Air Express*” (1993) aponta que a origem do transporte expresso ocorreu na década de 70, quando se observou um aumento na demanda por serviço de transporte rápido porta-a-porta, com tempo de trânsito definido, associado a um elevado nível de serviço e utilizando um ou mais modais para o transporte (normalmente, o rodoviário terrestre conjugado com o aéreo).

Segundo Dornier (1998), o transporte expresso foi consolidado na década de 90, com a globalização da economia e o surgimento do comércio eletrônico, tornando esta atividade uma alternativa competitiva para acompanhar a velocidade de realização dos

negócios, vencer distâncias e barreiras internacionais entre as diferentes origens e destinos, além de reduzir os custos logísticos de armazenagem e distribuição.

No relatório “*International Air Express*” (1993) são apontados dois conceitos principais que diferenciam a modalidade expressa das demais modalidades de transporte: (i) execução e controle do transporte desde a coleta até a entrega (*porta-a-porta*) realizada por um único transportador; (ii) compromisso com um elevado nível de serviço.

Atualmente, as remessas expressas abrangem, em sua quase totalidade, documentos e pequenos volumes tais como livros, amostras de mercadorias, produtos químicos e amostras biológicas, tornando-as manuseáveis por um único indivíduo.

4.5.1 SERVIÇOS DE ENTREGAS EXPRESSAS NO BRASIL

Segundo Lamin (2005), no Brasil, o maior desafio para o problema da última milha é a oportunidade limitada para entregas no mesmo dia. A princípio, todas as entregas passam pela empresa Correios, uma vez que somente esta tem a infra-estrutura necessária para garantir entregas em todo o território nacional. Mesmo assim, segundo a Confederação Nacional de Transporte (2005), existem aproximadamente 14 mil empresas especializadas em encomendas expressas de até 50 kg, embora poucas são as que estão adequadas à nova dinâmica competitiva: cargas menores e mais freqüentes, necessidade de rastreabilidade da encomenda, custos e prazos reduzidos, capacitação pra a devolução dos produtos (logística reversa), oferta de serviços de maior valor agregado como armazenagem e administração de estoques e pedidos.

Ainda segundo Lamin (2005), as dimensões do território brasileiro, ao mesmo tempo em que incentivam o surgimento de empresas neste ramo, forçam as mesmas a estabelecerem parcerias, uma vez que o investimento requerido para operar em todo país e, ainda, garantir a agilidade necessária, seria inviável. Dentre as várias empresas que operam no setor de cargas expressas no Brasil, este trabalho destaca algumas de importante abrangência, e que realizam entregas provenientes do Brasil ou do Exterior, como: Correios, DHL, Fedex, TNT Express, TOTAL Express e UPS. No anexo I encontra-se uma breve descrição de cada uma destas empresas

4.6 QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO

Comércio Eletrônico	<ul style="list-style-type: none">- mercado em expansão;- são diferentes formas de transações relacionadas às atividades comerciais, envolvendo organizações e indivíduos, sendo baseado no processo e transmissão de dados digitalizados, incluindo texto, som e imagens;- incrementa o número de entregas domiciliares, o que acarreta em inúmeros problemas, como o número de veículos para a distribuição e os altos custos associados.
Problema da Última Milha	<ul style="list-style-type: none">- ganhou ênfase devido ao fato de a última parte de entrega ser a parte mais cara e desafiadora do comércio eletrônico;
Entregas Domiciliares	<ul style="list-style-type: none">- distribuição de mercadorias até a residência do cliente indiferente do modo como o pedido foi realizado.
Pontos de Entrega Inteligentes	<ul style="list-style-type: none">- pode permitir um incremento da eficiência na distribuição;- uma alternativa para reduzir o crescimento das operações de entrega nos centros urbanos;- tem como fator de sucesso a localização dos equipamentos.

5 A DIFUSÃO DA INOVAÇÃO

“Qualquer campo da pesquisa científica começa com uma inovação importante ou com uma re-conceitualização que fornece uma nova forma de olhar o mesmo fenômeno.”
(Kuhn apud Rogers, 1976).

5.1 INTRODUÇÃO

O processo de difusão não é uma equação matemática ou uma reação química, mas consiste de um processo caracterizado pela inovação, o qual consiste de uma idéia, prática ou objeto que é percebido como sendo novo por um adotante. Assim, a difusão da inovação é o processo pelo qual a inovação é adotada pelos potenciais adotantes.

Para compreender a definição, é necessário primeiramente compreender os termos envolvidos. A inovação é um conceito utilizado de forma bem geral, significando um objeto, processo ou idéia. Bons exemplos de inovação são novos modelos de automóveis ou de tênis de corrida. A difusão é o processo pelo qual a inovação pode ser propaga de um local ou grupo social para outro. Cada indivíduo reage particularmente no processo de escutar, compreender e aceitar ou rejeitar uma inovação.

Segundo Rogers (1995), esta teoria surgiu no início do século XX, nas escolas alemãs, austríacas e britânicas de Antropologia, e na França, no curso de Sociologia. Gabriel Tarde foi o responsável pela curva logística que mostra os níveis de adoção versus o tempo de uma inovação. Somente em 1943 foi publicado o primeiro artigo sobre a teoria por Bryce Ryan e Neal Gross, desenvolvido nas fazendas de Iowa, com foco na difusão e adoção de um novo tipo de semente de milho. Desde então, esta teoria é muito utilizada, sendo desenvolvida através de várias disciplinas, cuja importância se aplica no fluxo de informações, idéias, práticas, produtos e serviços e entre culturas, mercados ou segmentos de mercados.

A teoria da difusão da inovação foi formalizada por Rogers em 1961, com o livro *Diffusion of Innovation* (Rogers, 1995 – 4 ed.), onde ele afirma que os adotantes de qualquer inovação ou idéia poderiam ser classificados em inovadores (2,5%), primeiros adotantes (13,5), primeira maioria (34%), última maioria (34%) e atrasados (16%), baseado na curva senoidal, apresentado na Figura 5.1. Além disso, para Rogers,

cada adotante tem a disposição e habilidades pra adotar uma inovação, que depende do seu conhecimento, interesse, avaliação, experiência e adoção.

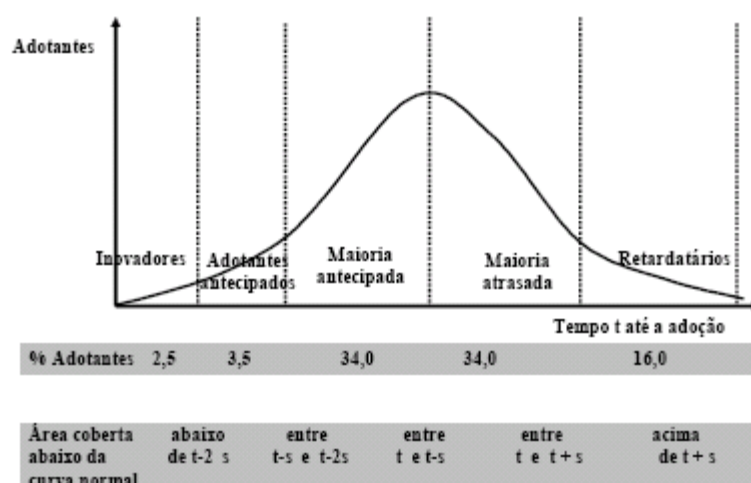


Figura 5.1: Curva de Distribuição dos Adotantes de uma Inovação (Fonte: Rogers apud Figueiredo, 2005)

Segundo Rogers (1995), esta teoria fornece ferramentas quantitativas e qualitativas para avaliar a provável taxa de difusão e identificar os vários fatores que facilitam ou dificultam a adoção e implementação da difusão. Estes fatores incluem características tecnológicas, dos adotantes e do meio pelo qual estes serão persuadidos para a aceitação da inovação.

Um outro aspecto importante é a comunicação interpessoal no sistema social. O processo de influência pessoal é visto como um mediador dos efeitos dos meios de massa e individuais, bem como de suas diferenças. A influência pessoal é o fator chave para conhecer a velocidade e a forma do processo de difusão.

Este capítulo apresenta o processo e a teoria da difusão da inovação, bem como os elementos determinantes para uma adoção. Dentre os modelos desenvolvidos nesta teoria, é apresentado matematicamente o desenvolvido por Bass (1969), sendo ele um dos principais modelos desta teoria. Além disso, algumas aplicações serão apresentadas para ilustrar a aplicação desta teoria e sua importância nesta pesquisa.

5.2 A TEORIA DO PROCESSO DA DIFUSÃO

Conseguir adotar uma idéia, mesmo quando são óbvias as vantagens, freqüentemente é muito difícil. Muitas inovações exigem um longo período de tempo, muitas vezes anos, para serem totalmente adotadas. Em contrapartida, com a redução do ciclo de vida de produtos e serviços, a adoção de uma idéia tem sido mais rápida, sob

pena de ser superada por outra tecnologia ou tendência mais recente. Então, um problema comum para muitos é a taxa de difusão de uma inovação.

Segundo Rogers (1995), a difusão é o processo pelo qual uma inovação é comunicada ao longo do tempo, através de certos canais, entre os membros de um sistema social. Este processo é um tipo especial de comunicação em que a mensagem se concentra na nova idéia. Por sua vez, comunicação é o processo em que os participantes criam e dividem informações, buscando mútua compreensão. Desta forma, esta definição indica que a comunicação é o processo de convergência, que age linearmente, no qual um indivíduo busca transferir a mensagem para outro, a fim de alcançar certos efeitos.

Portanto, difusão é um tipo especial de comunicação, cuja mensagem é a nova idéia. Esta novidade, embutida na mensagem, proporciona à difusão características especiais e implica que algum grau de incerteza está envolvido na difusão.

Segundo Rogers (1995), a incerteza é o grau com que o número de alternativas é percebido em relação às ocorrências de um evento e à relativa probabilidade destas alternativas. Ela implica na falta de premeditabilidade, de estrutura, de informação. De fato, a informação significa a redução da incerteza. Informação é a diferença que afeta diretamente a incerteza em situações na qual uma escolha ocorre entre um conjunto de alternativas.

Ainda segundo Rogers (1995), a difusão de uma nova idéia conduz a uma mudança social, sendo um processo pelo qual alterações ocorrem na estrutura social do sistema. Quando novas idéias são inventadas, difundidas, adotadas ou rejeitadas, estas deixam certas conseqüências, que, por sua vez, levam a uma mudança social.

Para Rogers (1995), os principais elementos da difusão são: a inovação, os canais de comunicação, o tempo e o sistema social. Entende-se por inovação uma idéia, prática ou objeto, que é percebido como novo por um indivíduo. Logo, se a idéia parece nova a uma pessoa, esta idéia é uma inovação. Ressalte-se que este conceito não precisa necessariamente envolver novos conhecimentos, podendo ser expressa como persuasão ou decisão de adoção. Os canais de comunicação são os instrumentos que permitem transmitir as mensagens para um grande número de pessoas, sendo a maneira mais rápida e eficiente de informar os potenciais adotantes da existência de uma inovação.

Além disto, os canais de comunicação têm o poder de persuadir um indivíduo a aceitar uma nova idéia.

Tempo é o terceiro elemento do processo de difusão, cuja dimensão está no processo de decisão pelo qual um indivíduo supera o estágio de conhecer a inovação, para adotá-la ou rejeitá-la. O sistema social é definido como um conjunto de unidades inter-relacionadas que estão engajadas conjuntamente para resolver problemas e alcançar objetivos comuns. Os membros de um sistema social podem ser indivíduos, grupos informais, organizações e/ou subsistemas. No sistema social existem normas que são estabelecidas através de padrões de comportamento de seus membros, que definem a tolerância do comportamento e servem como um guia ou padrão para os mesmos. As normas do sistema dizem ao indivíduo qual comportamento é esperado. O sistema social também é afetado com as conseqüências da inovação, pois certas mudanças ocorrem em um nível que afeta os indivíduos. As conseqüências podem ser do tipo: desejadas ou indesejadas, diretas ou indiretas e antecipadas ou imediatas.

Ainda segundo Rogers (1995), a inovação possui certas características que, quando percebidas pelos adotantes, determinarão a taxa e o padrão de adoção. Alguns adotantes potenciais são mais inovadores que outros e podem ser identificados por suas características pessoais. A decisão de adoção é composta de estágios, e os adotantes precisam estar predispostos a diferentes tipos de influência destes estágios.

Outro elemento importante no processo de difusão são as ações de certos indivíduos que podem acelerar a adoção, especialmente quando os adotantes vêem cada indivíduo como um ser igual a ele mesmo. O processo de adoção iniciará lentamente entre inovadores, aumentará rapidamente entre os adotantes, e estabilizará, formando, desta maneira, a curva de adoção acumulativa (Figura 5.2).

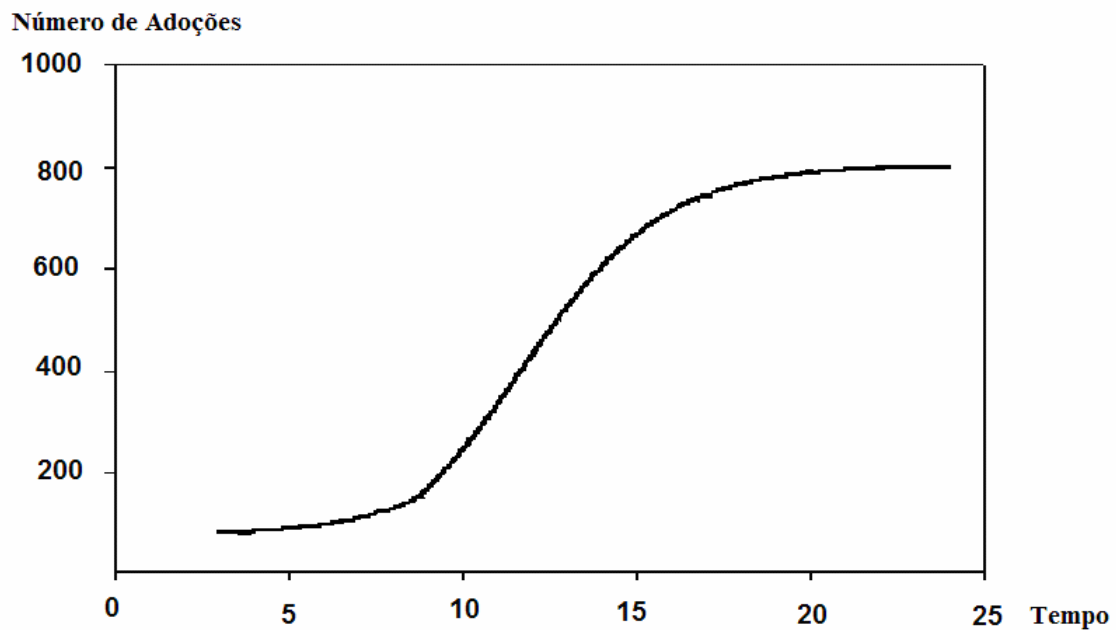


Figura 5.2: Curva da Adoção Cumulativa de uma Inovação

Para Rogers (1995), a teoria da difusão é composta por conceitos fundamentais como a inovação, os processos de difusão no tempo, a influência pessoal, o sistema social e as ações do mercado e de competitividade. A difusão ocorre nos limites do sistema social, sendo resultado da distribuição das decisões individuais adotadas. Os indivíduos que adotaram as decisões são influenciados por características pessoais, características inovadoras percebidas, influência pessoal e ações competitivas e de mercado.

Por isso, a influência pessoal é o componente básico para a teoria e modelos de difusão, e a imitação é o parâmetro-chave para determinar a velocidade da difusão. Desta maneira, a incidência da influência pessoal, que ocorre em uma inovação, depende do envolvimento dos indivíduos na decisão da adoção. Como generalização, a influência pessoal operará sobre o processo de adoção dos efeitos hierárquicos esperados em condições de alta aprendizagem, altos custos de inovação e alta relevância social.

Segundo Rogers (1995), a decisão individual sobre uma inovação não é instantânea, sendo um processo que ocorre ao longo do tempo, consistindo de várias ações e decisões. Este autor apresenta um modelo para o processo de decisão, cuja conceitualização se constitui em cinco estágios: conhecimento, persuasão, decisão, implementação e confirmação.

O processo de decisão pela inovação inicia-se com o estágio do conhecimento que ocorre quando um indivíduo é exposto a uma inovação existente e compreende algumas de suas funções. Segundo Rogers (1995), alguns estudiosos defendem que os indivíduos desempenham papel passivo ao tomar conhecimento de uma inovação, passando a ter consciência da existência da inovação por acaso e buscando a inovação ativamente somente depois de conhecer a sua existência. Outros estudiosos defendem que conhecer uma inovação não é um fato passivo, pois existe uma disposição de influenciar o comportamento de outros indivíduos através de novas idéias, conforme seus interesses, necessidades e atitudes.

O estágio da persuasão ocorre quando um indivíduo adquire uma atitude (favorável ou desfavorável) acerca da inovação. Neste estágio, o indivíduo torna-se envolvido psicologicamente com a inovação através da busca de informações. A decisão ocorre quando um indivíduo se engaja em atividades que conduzem a uma escolha (adotar ou rejeitar) sobre a inovação. A adoção é uma decisão que faz uso completo da inovação da melhor maneira possível, e a rejeição é uma decisão em não adotar a inovação. De maneira geral, o processo pode levar da rejeição para a adoção, e todo estágio é um momento potencial para ocorrer a rejeição.

O estágio de implementação ocorre quando o indivíduo coloca a inovação em uso, sendo, até este momento, um mero exercício mental. A implementação envolve uma mudança de comportamento, visto que a idéia é colocada em prática, existindo diferença em decidir adotar uma idéia e colocá-la em prática.

A decisão de adotar ou rejeitar uma inovação não tem um momento final dentro do processo, e o estágio de confirmação ocorre quando o indivíduo busca reforçar a decisão tomada acerca da inovação, ou reverte-a, se exposto a mensagens conflitantes sobre a mesma.

5.3 INOVADORES E A TAXA DE DIFUSÃO

Segundo Bass (1969), alguns indivíduos decidem adotar uma inovação independentemente das decisões de outros indivíduos no sistema social. Estes indivíduos são chamados de inovadores e pode-se dizer que são os primeiros adotantes de uma nova idéia, por isto são considerados empreendedores, ousados e interagem constantemente com outros inovadores. Além dos inovadores, existem os imitadores,

que são influenciados pelo tempo de adoção e pela decisão de outras pessoas do sistema social.

Para se determinar se um indivíduo é inovador ou imitador, é necessário conhecer a taxa de adoção da inovação. Segundo Rogers (1995), a taxa de adoção é a velocidade relativa com que uma inovação é adotada pelos membros do sistema social, geralmente medida pelo número de indivíduos que adotam uma nova idéia em um tempo específico. Logo, a taxa de adoção é um indicador numérico da declividade da curva de adoção da inovação e, quanto maior o número de pessoas envolvidas na tomada de decisão pela inovação, maior será a taxa de adoção.

Para Rogers (1995), a taxa de difusão é influenciada principalmente pela vantagem ou benefício do produto, facilidade de utilização do produto, pelos benefícios imediatos e pelo preço.

5.4 OS MODELOS DE DIFUSÃO

Segundo Rogers (1995), existem vários tipos de modelos para determinar a taxa de difusão da inovação. Os modelos de penetração (*penetration models*) utilizam dados mercadológicos para desenvolver equações do volume de vendas em função do tempo, da qual se destaca o modelo de Bass, abaixo detalhado. Além desse tipo de modelo, existe o modelo de experimentação, modelos determinísticos e modelos estocásticos.

O modelo de Bass é o mais conhecido e utilizado como modelo de análise da demanda da primeira compra. Neste modelo, o tempo de adoção de uma inovação é muito importante e apresenta comportamento consistente com os estudos de adoção e difusão da inovação. Ele pode ser aplicado a dados que satisfazem às seguintes condições:

- Demanda da primeira compra: o modelo foi desenvolvido para ser aplicado para a compra inicial (adoção) de um produto e não para ser aplicado para a reposição de demanda;
- Demanda categórica: o modelo se aplica à demanda genérica de uma categoria de produtos;
- Restrições de oferta: o crescimento da demanda de um novo produto pode ser retardado pelas restrições de oferta devido à capacidade de produção ou a dificuldades em estabelecer um sistema de distribuição adequado.

Para o desenvolvimento do modelo, Bass (1969) postulou que a trajetória da adoção acumulada de novos produtos segue uma função probabilística, cuja taxa de crescimento instantâneo depende de dois parâmetros. Um deles captura a tendência do consumidor de comprar, independente do número prévio de adotantes, e o outro captura a influência no consumo dos primeiros adotantes (Niu, 2002).

Assim, sejam p e q dois parâmetros que, respectivamente, representam as forças acima mencionadas; seja m o tamanho da população alvo, e seja $Y(t)$ o número acumulado de adotantes do produto no tempo t .

Supondo que $Y(t)$ é contínua com $Y(0) = 0$, e considerando o tempo inicial de compra de um novo produto, Bass (1969) formulou a seguinte suposição: a probabilidade que a primeira compra seja realizada no tempo t , dado que nenhuma compra foi realizada, é uma função linear do número prévio de compradores.

A partir da suposição de que a taxa de crescimento do número acumulado de adotantes do produto no tempo ($Y(t)$) é igual ao produto do tamanho da população restante $((m - Y(t)))$ e a taxa instantânea de adoção de todo indivíduo da população restante $\left(p + \frac{q}{m}Y(t)\right)$, foi postulada a seguinte equação diferencial:

$$\text{Equação 5.1: } \frac{dY(t)}{dt} = [m - Y(t)] \left[p + \frac{q}{m} Y(t) \right], t \geq 0,$$

Se a seguinte equação:

$$\text{Equação 5.2: } F(t) = \frac{Y(t)}{m}$$

é a fração contínua de indivíduos que adotam o produto no tempo t , então a Equação 01 tem a seguinte forma equivalente:

$$\text{Equação 5.3: } \frac{[f(t)]}{[1 - F(t)]} = p + qF(t), t \geq 0,$$

onde $f(t)$ denota a derivada de $F(t)$.

Quando m é um valor muito grande, a fração $F(t)$ pode ser pensada como a probabilidade de indivíduos da população alvo adotar o produto no tempo t . Logo,

$$\text{Equação 5.4: } P(t) = p + \frac{q}{m} Y(t),$$

onde p e $\frac{q}{m}$ são constantes e $Y(t)$ é o número prévio de compradores. Fazendo:

$$\text{Equação 5.5: } Y(0) = 0$$

tem-se que:

$$\text{Equação 5.6: } P(0) = p$$

e esta constante é a probabilidade da primeira compra em $t = 0$, refletindo a importância da inovação no sistema social. Como os parâmetros do modelo dependem da escala utilizada para medir o tempo, é possível selecionar uma unidade de medida para o tempo, tal que p reflète a fração de todos os adotantes que serão inovadores e o produto $\frac{q}{m} Y(t)$ reflète a pressão atuando nos imitadores com o aumento do número de compradores.

Desta forma, as primeiras compras são realizadas por inovadores e imitadores, sendo que se distingue um inovador de um imitador pela influência de compra. Os inovadores não são influenciados no momento da primeira compra, por adotantes prévios, enquanto que os imitadores são influenciados pelos adotantes prévios. Além disso, a importância dos inovadores será maior no momento inicial, mas irá diminuir gradativamente com o passar do tempo.

Bass (1969) utilizou métodos de regressão para estimar os parâmetros de inovação e imitação. Interessante ressaltar que o maior interesse das pesquisas em difusão é determinar o tempo de pico da adoção, que depende dos parâmetros p e q . Laurence e Lawton *apud* Mahajan *et al.* (1995) determinaram que o valor da soma dos parâmetros encontra-se entre 0,3 e 0,7. As pesquisas indicam que o valor de p é muito pequeno, em média 0,01 ou menos, e que q é maior que 0,5 e raramente menor que 0,3.

O modelo de Bass foi modificado em diversos estudos visando determinar os coeficientes p e q que melhor se adaptassem ao processo de difusão dos produtos analisados. Bass *et al.* (1994) desenvolveram o Modelo de Bass Generalizado que incluía as variáveis de decisão, tendo uma solução fechada no tempo dominante, reduzindo o modelo de Bass a um caso especial sob as condições das variáveis de decisão. Neste modelo, o tempo de adoção depende do esforço do *marketing*. Este

modelo foi modificado por Krishnan *et al.* (1999) para incluir a variável preço e analisar o efeito do crescimento das vendas no tamanho do mercado, através dos impactos na velocidade com que os produtos são difundidos neste.

Chatterjee e Eliashberg (1990) desenvolveram um modelo que descreve o processo de difusão em uma população heterogênea. A percepção individual de uma inovação determina sua avaliação que, por sua vez, determinará a decisão de adoção. Para os autores, as percepções da inovação são incertas e mudam constantemente quando os adotantes recebem informações adicionais sobre a inovação. O tempo de adoção é determinado pela dinâmica de percepção, dada a estrutura de preferência.

Niu (2002) desenvolveu a formulação estocástica do modelo de Bass que serve como base inicial para estudo empíricos da difusão de novos produtos. O modelo prova que a fração de indivíduos que adotarão um produto por tempo t converge para a solução do modelo de Bass, com os mesmos parâmetros, quando o tamanho da população tende ao infinito.

5.5 APLICAÇÕES DA TEORIA DA DIFUSÃO DA INOVAÇÃO

Stoneman e Swon (1994) exploram a difusão de várias ferramentas de controle no Reino Unido utilizando um modelo teórico desenvolvido que considera a existência de outra tecnologia difundida no mesmo momento, explorando as implicações de ambientes de multi-tecnologias. Segundo os autores, a literatura indica que o grau de complexidade entre as tecnologias é o maior fator de influência no momento da adoção.

Stoneman e Swon (1995) apresentam um modelo de difusão do processo tecnológico utilizado para prever a relação entre a lucratividade de uma empresa e a adoção de nova tecnologia. O modelo é testado em empresas do Reino Unido no período de 1983-1986 e os resultados indicam que a experiência dos não-adotantes reduz a lucratividade em relação às empresas adotantes de novas tecnologias e que o lucro bruto obtido para os adotantes de novas tecnologias está relacionado com as características da empresa, o número de usuários da nova tecnologia e custos de aquisição.

Higa *et al.* (1997) investigaram as decisões de adoção de duas clínicas de Hong Kong em escolher e difundir a telemedicina. Os autores apresentam um modelo de adoção organizacional (Figura 5.3), que sugere que uma organização precisa definir simultaneamente as dimensões organizacionais e de inovação para garantir a

superioridade tecnológica na escolha de novas tecnologias. Os resultados indicam que uma organização precisa considerar não somente os atributos de inovação, mas também as características organizacionais que incluem estrutura, membros, atitudes e práticas. O estudo também conclui que compreender a adoção pode ser necessário, mas não é um fator de sucesso na difusão de uma nova tecnologia numa organização.

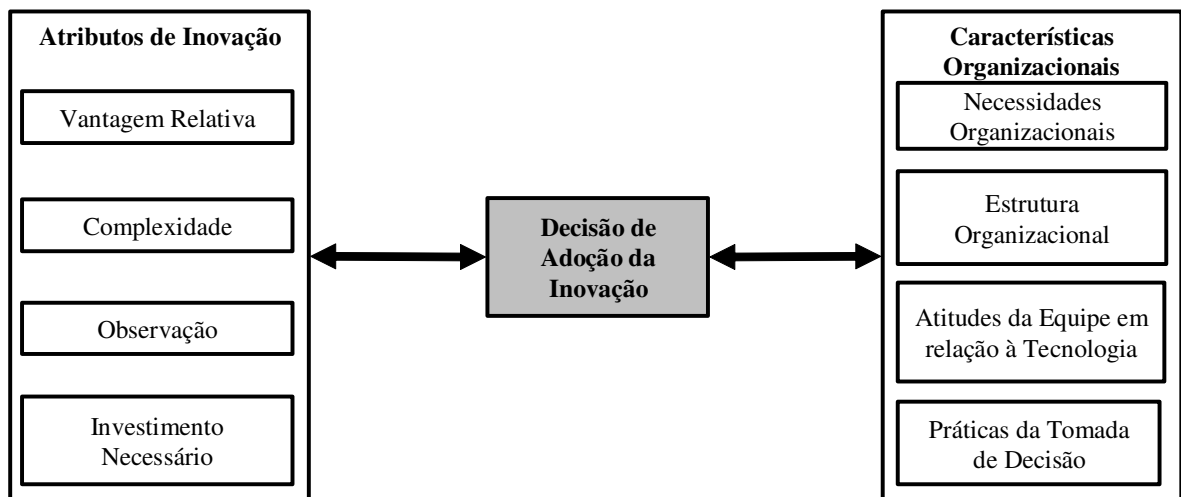


Figura 5.3: Modelo de Adoção Organizacional (Fonte: Higa *et al.*, 1997)

Chwelos *et al.* (2000) apresentam o primeiro teste de um modelo econômico que apresenta três fatores como determinantes da adoção da troca eletrônica de dados (EDI): prontidão, benefícios percebidos e pressão externa. Para construir o modelo, os autores identificaram e organizaram estes fatores, mostrando que são direcionadores das três perspectivas de adoção: tecnológica, organizacional e intra-organizacional. Para testar, os autores investigaram as contribuições relativas às decisões de adoção de EDI, entrevistando gerentes de compra, escolhidos pela sua experiência com EDI. As respostas foram analisadas utilizando um modelo estrutural (Figura 5.4), onde se concluiu que as categorias de influência serão determinantes em sistemas intra-organizacionais.

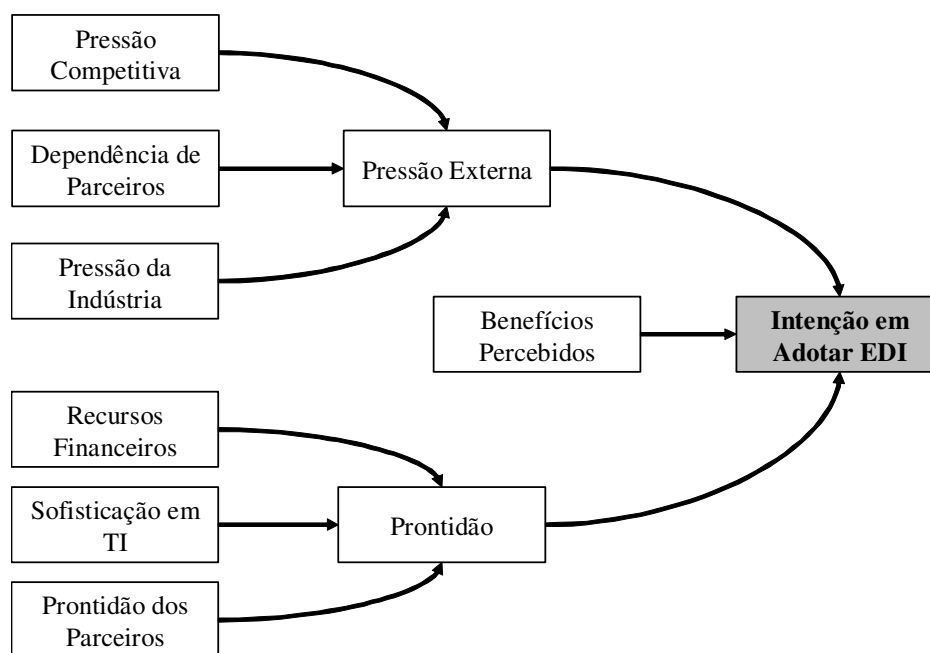


Figura 5.4: Estrutura e Resultados do Modelo de Adoção de EDI (Fonte: Chwelos *et al.*, 2000)

Harabi (2001) apresenta um estudo desenvolvido na Suíça, que aborda a introdução e difusão do comércio eletrônico neste país, fazendo parte de uma pesquisa internacional. Utilizando a técnica de entrevistas com consumidores e varejistas, foi possível determinar as ações que garantiriam o sucesso da comercialização eletrônica, como novas formas de pagamento e confiabilidade na transmissão de dados pela Internet.

Han (2002) apresenta uma proposta de um sistema para compreender a adoção e difusão do *m-commerce*, através de uma interpretação da percepção dos envolvidos neste tipo de comercialização, em busca de informações que pudessem tornar o sistema eficiente. A proposta é um organograma (Figura 5.5) da relação oferta/demanda que ilustra o complexo processo de adoção e difusão de produtos e serviços do *m-commerce*.

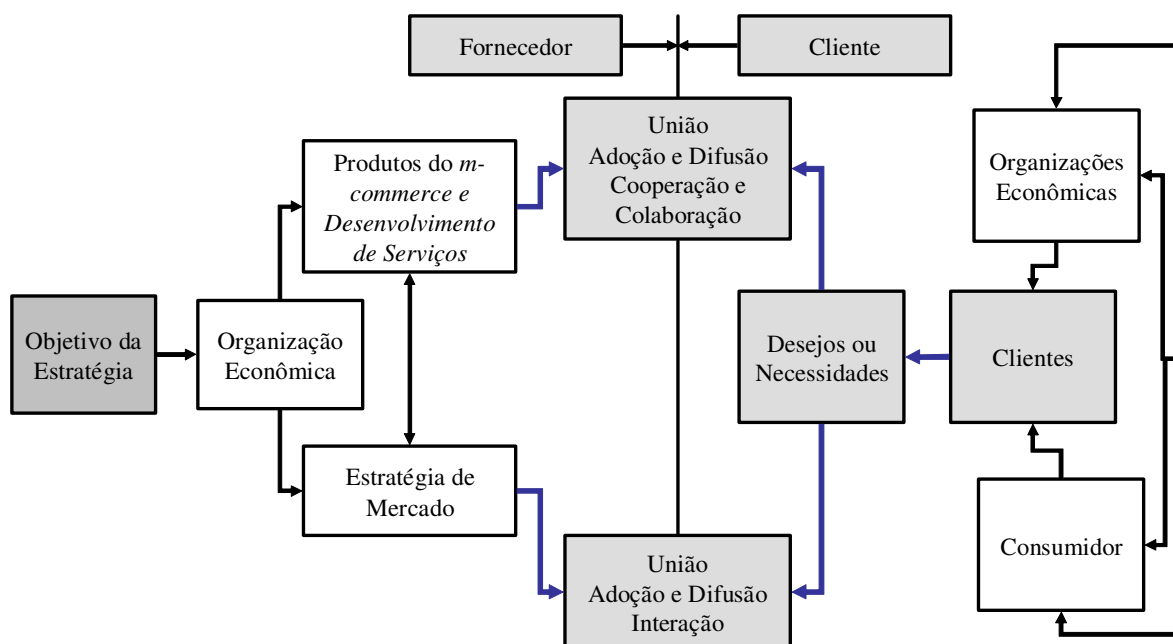


Figura 5.5: Organograma da relação oferta/demanda num processo de adoção e difusão no *m-commerce* (Fonte: Han, 2002).

Everdingen e Aghina (2003) introduziram um modelo de difusão que pode ser utilizado para prever a difusão entre os países de uma inovação, nos vários estágios da curva de difusão. O modelo incorpora as influências do processo de difusão em diferentes sistemas sociais (países) através da mistura de comportamentos. O método foi aplicado para analisar a difusão do acesso domiciliar à Internet e da telefonia móvel; entre famílias em 15 países da União Européia. Os resultados mostraram que o desempenho do modelo numa comparação internacional apresenta melhores resultados quando comparado com a aplicação em cada um dos países analisados.

Segundo Sundqvist *et al.* (2005), os fatores que explicam a diferença no processo de difusão de diferentes países podem ser classificados em três categorias: país, cultura e o tempo. Os autores construíram um modelo que examina os efeitos destes três fatores na difusão da comunicação sem fio (wireless) em 64 países. Os resultados indicam que o nível econômico-cultural influencia positivamente para a adoção, sendo que o nível econômico influencia na penetração em outros setores, além de ser um fator determinante para o coeficiente de imitação.

5.6 QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO

Processo de Difusão	<ul style="list-style-type: none">- processo pelo qual uma inovação é comunicada ao longo do tempo, através de certos canais, entre os membros de um sistema social;- tipo especial de comunicação em que a mensagem se concentra na nova idéia;- comunicação é o processo em que os participantes criam e dividem informações, buscando mútua compreensão.
Inovadores	<ul style="list-style-type: none">- indivíduos que decidem adotar uma inovação independentemente das decisões de outros indivíduos no sistema social;- primeiros adotantes de uma nova idéia, considerados empreendedores, ousados e interagem constantemente com outros inovadores.
Imitadores	<ul style="list-style-type: none">- influenciados pelo tempo de adoção e pela decisão de outras pessoas do sistema social.
Taxa de Difusão	<ul style="list-style-type: none">- velocidade relativa com que uma inovação é adotada pelos membros do sistema social;- indicador numérico da declividade da curva de adoção da inovação e, quanto maior o número de pessoas envolvidas na tomada de decisão pela inovação, maior será a taxa de adoção;- influenciada principalmente pela vantagem ou benefício do produto, facilidade de utilização do produto, pelos benefícios imediatos e pelo preço.

6 DINÂMICA DE SISTEMAS

“Um dos principais objetivos de dinâmica de sistemas é promover a capacidade do pensamento sistêmico.” Sterman (2000)

6.1 INTRODUÇÃO

Os dados históricos revelam um fato imponente: a mudança é a maior constante de todos os tempos. O ambiente em que vivemos e operamos é muito complexo em sua estrutura e processos internos para qualquer indivíduo ter uma visão clara e coerente de como o sistema trabalha e, a falta de uma visão sistêmica produz resultados opostos aos desejados (Keough e Doman, 1992).

A dinâmica de sistemas (do inglês, *system dynamics*) é um conjunto de ferramentas e métodos que têm por objetivo a análise e o estudo do funcionamento de sistemas dinâmicos, isto é, sistemas que sofrem alteração ao longo do tempo.

Na dinâmica de sistemas, um sistema pode ser definido, de forma resumida, como um conjunto de elementos que se relacionam entre si ao longo do tempo e que formam um todo unificado.

Esta metodologia foi criada como uma disciplina acadêmica, em torno de 1956, por Jay W. Forrester no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). No princípio, foi utilizada para estudar de que forma as políticas de decisão de uma empresa poderiam afetar a taxa de produção e o número de empregados da mesma, e como estes elementos afetavam o comportamento da corporação como um todo. Aos poucos, seu uso começou a ser disseminado para outras áreas do conhecimento, passando a ser empregado, por exemplo, no estudo de sistemas sociais. Mais tarde, verificou-se que este ferramental poderia ser utilizado em educação, no estudo de sistemas em diferentes disciplinas, tais como: Matemática, Física, Estudos Sociais, História e Biologia. Hoje, é empregado para analisar dinamicamente o comportamento de diferentes sistemas.

A metodologia dinâmica de sistemas fornece uma estrutura organizacional para analisar como as políticas e decisões interagem nas complexas formas inesperadas. É também uma modelagem que utiliza simulações para definir organizações e políticas mais efetivas. Segundo Sterman (2000), esta ferramenta permite a criação de simuladores gerenciais, que consistem em mundos virtuais onde tempo e espaço podem ser comprimidos e desacelerados, de forma a permitir a experimentação de efeitos

colaterais de longo prazo, aprendizado e o projeto de estruturas e estratégias de alto desempenho.

A dinâmica de sistemas não se preocupa com soluções exatas. O foco principal está nas tendências dinâmicas do sistema, com o intuito de saber se este sistema é estável ou instável, se tende a oscilar, crescer, declinar, ou equilibrar. Nessa metodologia, o pressuposto central é o comportamento dinâmico, observado em sistemas complexos e gerado pela estrutura causal.

Este capítulo apresenta o processo de modelagem utilizando dinâmica de sistema, os modelos mentais e a criação dos modelos causais, a estrutura (isto é, a inter-relação dos recursos do sistema) e comportamento do sistema, que é resultado da estrutura do mesmo. Em primeira instância, será apresentada a estrutura organizacional da metodologia para, depois, apresentar sua estrutura matemática. Além disso, serão apresentadas as interfaces do *software* utilizado neste trabalho.

6.2 A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA DINÂMICA DE SISTEMAS

Segundo Sterman (2000), a estrutura organizacional da metodologia dinâmica de sistemas é composta dos conceitos de estrutura, comportamento de um sistema e *feedback*.

O comportamento do sistema surge de sua estrutura, consistindo em *loops* de *feedback*, estoques e fluxos e não-linearidades criadas por interação da estrutura física do sistema com o processo de decisão. Os modos básicos do comportamento do sistema são identificados entre a estrutura de retro-alimentação gerada, incluindo o crescimento criado pelo *feedback* positivo, amortecimento criado pelo *feedback* negativo e oscilações criadas pelo *feedback* negativo com *delay*.

O crescimento exponencial surge do *loop* positivo que, quanto maior a quantidade, maior a taxa de incremento, sendo frequentemente observado nos sistemas. A Figura 6.1 mostra a estrutura deste comportamento. A flecha indica a direção de influência e os sinais das flechas (+ ou -) indicam a polaridade da relação.



Figura 6.1: Estrutura do *Feedback* Positivo.

Os *loops* negativos buscam equilíbrio e o *feedback* negativo alinha o estado do sistema com o estado desejado, corrigindo qualquer perturbação que desloque o sistema do seu objetivo. Cada *loop* negativo inclui um processo de comparação entre o estado atual e o desejado (*gap*), aplicando uma ação corretiva (Figura 6.2). Quando a relação entre o tamanho do *gap* e a ação corretiva é linear, a taxa de ajuste é proporcional ao tamanho deste *gap*, resultando num comportamento de declínio exponencial.

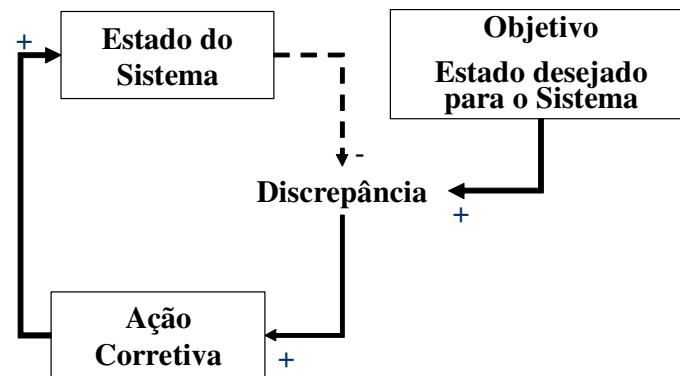


Figura 6.2: Estrutura do *Feedback* Negativo:

A oscilação é o terceiro modo fundamental de comportamento observado em dinâmica de sistemas, sendo causado pelos *loops* negativos com atraso (Figura 6.3). O estado do sistema é comparado com seu objetivo, e ações corretivas são tomadas para eliminar qualquer discrepância. Em um sistema oscilatório, o estado do sistema constantemente excede o objetivo ou o estado de equilíbrio. O excesso é consequência dos atrasos que provocam as oscilações quando são significativos.

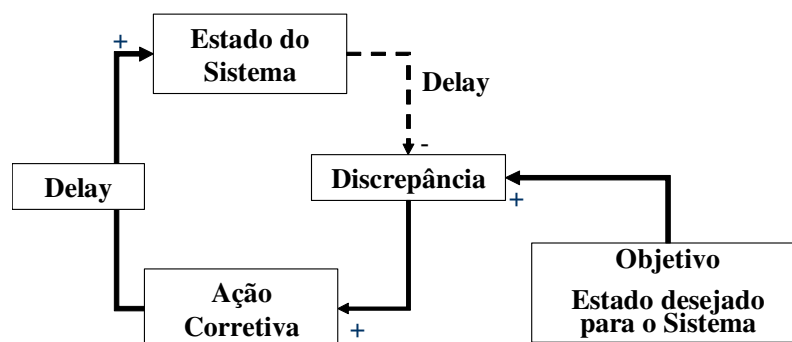


Figura 6.3: Estrutura da Oscilação

Segundo Sterman (2000), é muito comum observar nos sistemas comportamentos envolvendo mais de uma dessas três estruturas básicas.

O termo *feedback* está sempre associado a retorno, retroalimentação. Nem sempre fica claro que sistemas dinâmicos (sistemas que sofrem alterações ao longo do

tempo), normalmente, têm um comportamento de *feedback*, existindo uma tendência de esquematizá-lo sempre de uma forma linear, como mostrado na Figura 6.4.

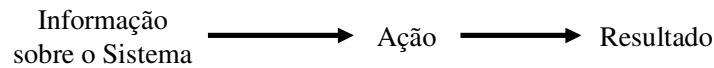


Figura 6.4: Estrutura de Loop Aberto (Fonte: Sterman, 2000)

Quando se observam os problemas do mundo real, verifica-se que a maioria deles se comporta de uma maneira mais complexa. O resultado produzido criará novos problemas e ações, formando-se assim um ciclo fechado onde não existe início nem fim (Figura 6.5).

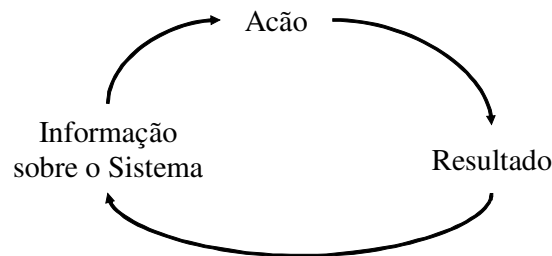


Figura 6.5: Estrutura de loop fechado (Fonte: Sterman, 2000)

O conceito de *feedback* é o foco principal desta metodologia, cujo pressuposto é o de que as decisões são derivadas de informações sobre o sistema, resultando em ações que têm por objetivo alterá-lo. Quando uma nova informação sobre as condições do sistema é gerada, pode-se verificar se houve variação no mesmo e, conseqüentemente, verificar a eficácia da ação. Essa informação gera outras decisões, que podem produzir novas mudanças no sistema. Esse processo, em que uma causa inicial provoca oscilações através da cadeia até atingir a causa novamente, é denominado *feedback* (Forrester, 1961).

Observando um sistema de *feedback*, pode-se entender o seu comportamento dinâmico, por ser uma consequência da estrutura do sistema. Um *feedback* pode ser classificado em positivo ou negativo. O *feedback* positivo produz crescimento e ocorre quando uma variação se propaga pelo sistema, produzindo mais variações na mesma direção. Outra questão importante é que o *feedback* positivo não pode crescer indefinidamente, pois existem um ou mais fatores no sistema que limitarão o crescimento destes elementos (Albin e Choudhari, 1996; Albin, 1997).

Outra estrutura observada é a de *feedback* negativo, que anula a variação e estabiliza o sistema, sendo que um incremento em uma variável conduz a uma redução

na mesma. O *feedback* negativo ocorre quando mudanças no sistema produzem menos variações na mesma direção até o objetivo ser alcançado (Zhu, 1991).

O primeiro passo na construção de um modelo utilizando dinâmica de sistemas ocorre através do pensamento sistêmico, que é um processo mental que envolve uma análise das inter-relações (ciclos de retroalimentação), ao invés de cadeias lineares de causa e efeito, e uma análise dos processos de mudança ao longo do tempo, ao invés de tirar instantâneos de momentos estanques.

O pensamento sistêmico é representado, em dinâmica de sistemas, através do diagrama de ciclo causal, apresentado a seguir.



6.3 DIAGRAMA DE CICLO CAUSAL

O diagrama de ciclo causal é uma importante ferramenta para representar estruturas de *feedback* do sistema, sendo excelentes por capturar rapidamente as hipóteses sobre as causas dinâmicas, obter modelos mentais e comunicar os *feedbacks* importantes no problema (Sterman, 2000).

Segundo Sterman (2000), o diagrama de ciclo causal (ou diagramas causais) representa os elementos de um sistema e a relação entre eles. Utilizam a linguagem de elos fechados, que permitem expressar, com poucas palavras e setas, o seu entendimento do problema, ou seja, seu modelo mental. Além disso, esta forma de diagrama mostra o caráter da relação entre cada par de conceitos e busca a resolução de problemas.

Ainda segundo Sterman (2000), os *loops* de *feedback* mais importantes são identificados no diagrama de enlace causal, não existindo distinção entre estoque e fluxo. Em cada ligação causal é atribuída uma polaridade para indicar como as variáveis dependentes se modificam quando ocorre oscilação nas variáveis independentes. O Quadro 6.1 mostra a interpretação das polaridades das ligações causais, que descrevem a estrutura do sistema.

Quadro 6.1: Interpretação das polaridades das ligações causais (Fonte: Sterman, 2000)

Símbolo	Interpretação	Matemática
	Se X aumenta (diminui), então Y aumenta (diminui). No caso de acumulação, X é adicionado a Y.	$\frac{\partial Y}{\partial X} > 0$ No caso de acumulação: $Y = \int_{t_0}^t (X + \dots) ds + Y_{t_0}$
	Se X aumenta (diminui), então Y diminui (aumenta). No caso de acumulação, X é subtraído de Y.	$\frac{\partial Y}{\partial X} < 0$ No caso de acumulação: $Y = \int_{t_0}^t (-X + \dots) ds + Y_{t_0}$

Existem duas maneiras de se determinar quando um *loop* é positivo ou negativo (Stermann, 2000):

- Contar o número de ligações negativas no *loop*. Se o número de ligações é par, o *loop* é positivo, e se o número de ligações é ímpar, o *loop* é negativo. Esta regra funciona, visto que o *loop* positivo reforça a variação quando o *loop* negativo está corrigindo uma perturbação oposta;
- Traçar o efeito de menor variação de uma das variáveis que se propaga através do *loop*. Se o efeito *feedback* reforça a variação original, o *loop* é positivo; se ocorre em sentido oposto à variação original, o *loop* é negativo. Este método pode ser iniciado em qualquer variável.

Para nomear as variáveis, Stermann (2000) sugere a utilização de substantivos, pois as ações são capturadas pelas ligações causais que conectam as variáveis. A Figura 6.8 mostra um exemplo de diagrama de enlace causal.

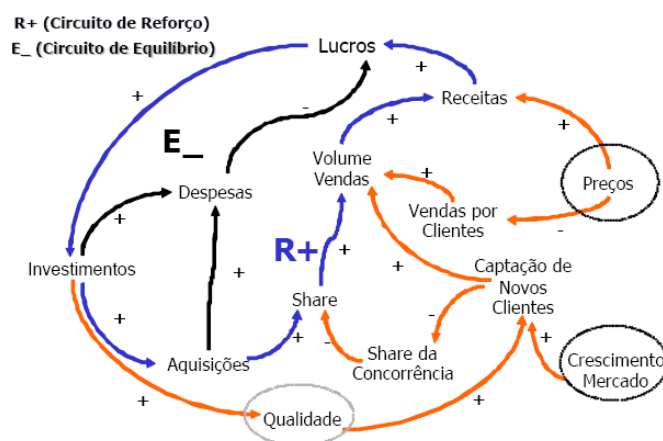


Figura 6.6: Exemplo de Diagrama de Enlace Causal (Fonte: Fernandes, 2003)

Existem dois tipos de enlaces: os reforçadores e os de equilíbrio. Os enlaces reforçadores caracterizam um crescimento ou declínio. São conhecidos como elos de *feedback* positivo já que geram um *loop* que reforça seu comportamento inicial.

Os enlaces de equilíbrio promovem estabilidade, resistência e limites, e servem para descrever os mecanismos que os sistemas utilizam para solucionar problemas. São conhecidos como elos de *feedback* negativos já que são elos fechados, cujos comportamentos são caracterizados por oscilações, equilíbrio ou busca por objetivo.

6.4 DIAGRAMA DE ESTOQUE E FLUXO

Segundo Sterman (2000), quando se deseja representar quantitativamente as relações de causa e efeito do diagrama de enlace causal, utiliza-se o diagrama de estoque e fluxo, que expressa as relações através de fórmulas lógico-matemáticas. Nesta metodologia de representação sistêmica, com apenas cinco elementos básicos podem-se construir modelos (representações) de sistemas bastante complexos (Figura 6.9).

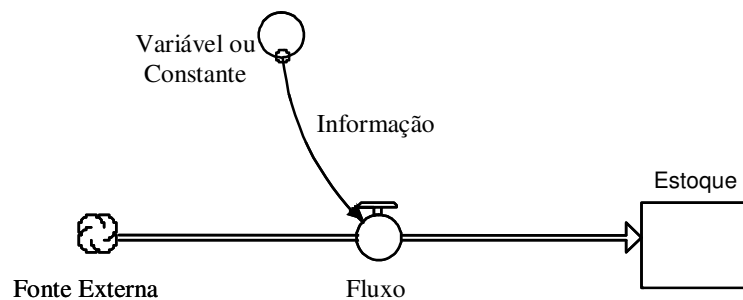


Figura 6.7: Elementos básicos de um modelo de estoque e fluxo.

As variáveis são representadas pelos círculos e consistem dos parâmetros utilizados no sistema. Eventualmente, uma variável pode assumir o valor de uma constante.

Os fluxos representam o transporte de recursos no sistema, sendo vazões controladas por equações, e medidos em unidades de uma grandeza por unidade de tempo.

Os estoques representam acumulações de algum recurso e caracterizam o estado de um sistema, gerando informações sobre decisões e ações. Estoques criam atrasos por acumular a diferença entre os fluxos de entrada e saída, sendo a fonte de desequilíbrio dinâmico no sistema. Além disso, os estoques são variáveis especiais, cujos valores dependem do que aconteceu no passado.

A equação de transição de um estoque no tempo t para o tempo $t + dt$ é dada pela seguinte equação $Estoque(t + dt) = Estoque(t) + Fluxo(t) * dt$. Normalmente, o intervalo de tempo dt é igual a uma unidade de tempo (segundo, minuto, hora, dia, semana, ano), sendo a unidade que comanda todo o processo de simulação do modelo ao longo do tempo.

Além disso, note que, na equação, o fluxo está multiplicado por dt , que é o dimensionamento correto, pois a unidade de fluxo é sempre uma unidade qualquer dividida por uma unidade de tempo.

As informações são representadas pelas setas de traço simples, as quais ligam os elementos do sistema e explicitam relações entre os mesmos. A fonte externa, simbolizada pela nuvem, representa alguma fonte de recurso externo que está fora do escopo de interesse do modelo em estudo, não sendo considerados no mesmo.

Por detrás de um sistema de estoque e fluxo, existe um sistema de equações matemáticas, utilizado para traçar a dinâmica do sistema modelado. Considere o modelo básico, representado na Figura 6.10.

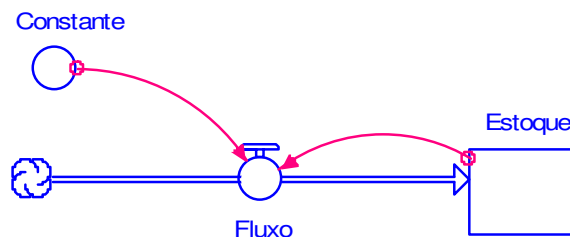


Figura 6.8: Modelo Básico.

O sistema de equações correspondente a este sistema é dado por:

dt = unidade de tempo, por exemplo, 1 mês

$Estoque(0)$ = Valor Inicial, por exemplo, 100 unidades

Constante = Valor Fixo

$Fluxo(t) = Constante \times Estoque(t)$

$Estoque(t + dt) = Estoque(t) + Fluxo(t) \times dt$

De posse do sistema de equações, pode-se simular, manualmente, ou utilizar algum *software* de simulação, como o Ithink, utilizado neste trabalho.

6.5 SOFTWARE ITHINK

Este programa de simulação computacional foi criado em 1989 por Barry Richmond, através da sua empresa, *High Performance System*, o qual serve de ferramenta para determinar as necessidades econômicas atuais (Peterson e Richmond, 2000). Através deste *software*, podem-se testar os modelos mentais construídos e analisar as políticas em determinado período de tempo.

Este *software* utiliza três níveis para o desenvolvimento dos modelos: o nível da interface, nível do modelo e nível das equações. No nível da interface (Figura 6.11), o usuário insere diferentes parâmetros no sistema, para criar cenários de análise do mesmo. Neste nível, é possível, ainda, visualizar a saída do modelo através de tabelas ou gráficos.

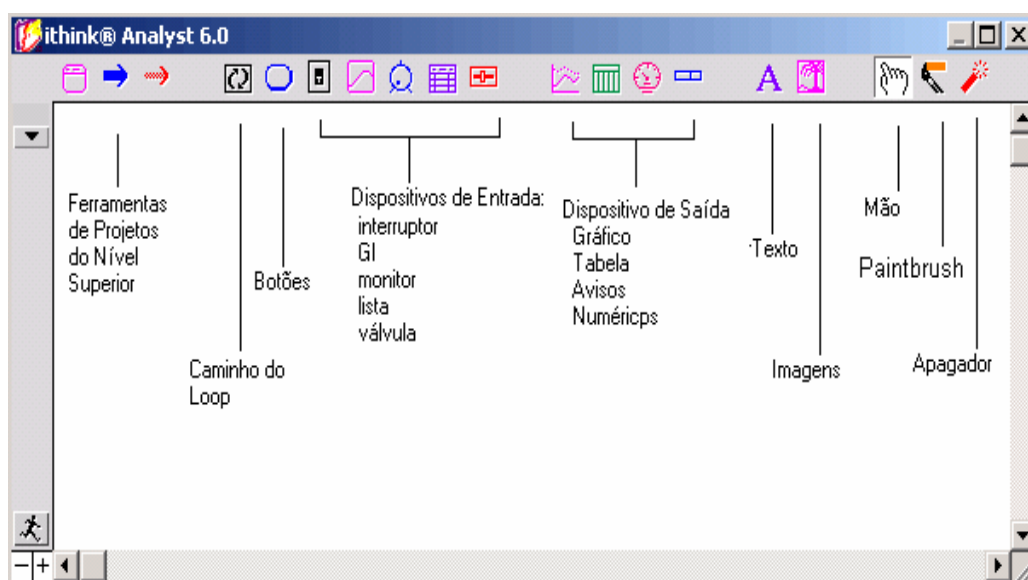


Figura 6.9: Nível da Interface.

No nível de modelo, é construído o modelo de estoque e fluxo, conforme apresentado anteriormente, e também inseridas as relações lógico-matemáticas do modelo. É neste nível que se encontram os blocos de construção, como mostra a Figura 6.12.

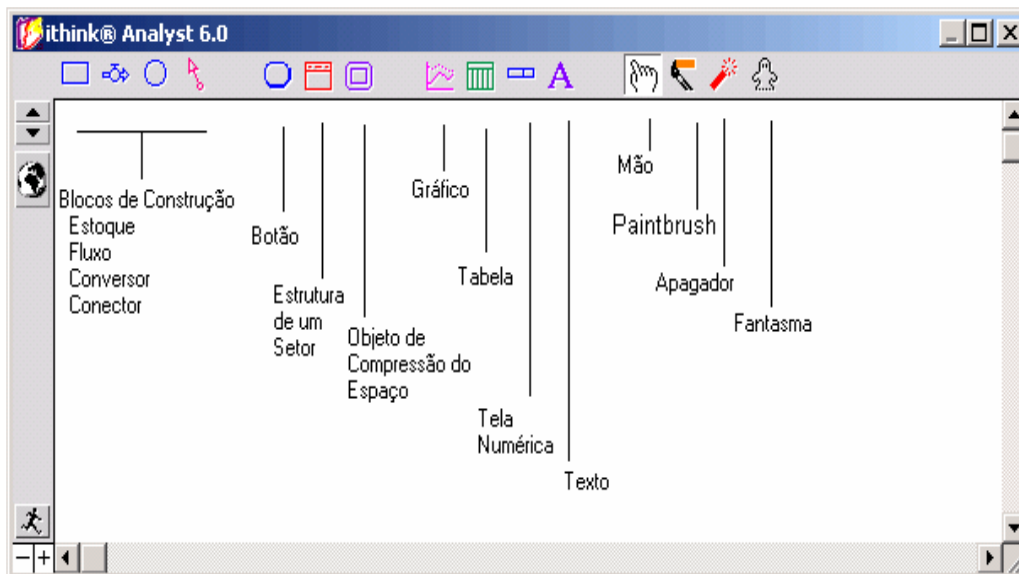


Figura 6.10: Nível do Modelo.

No nível das equações, o próprio *software* lista as equações que são utilizadas no modelo, também criando automaticamente as equações de estoque e fluxo (Figura 6.13).

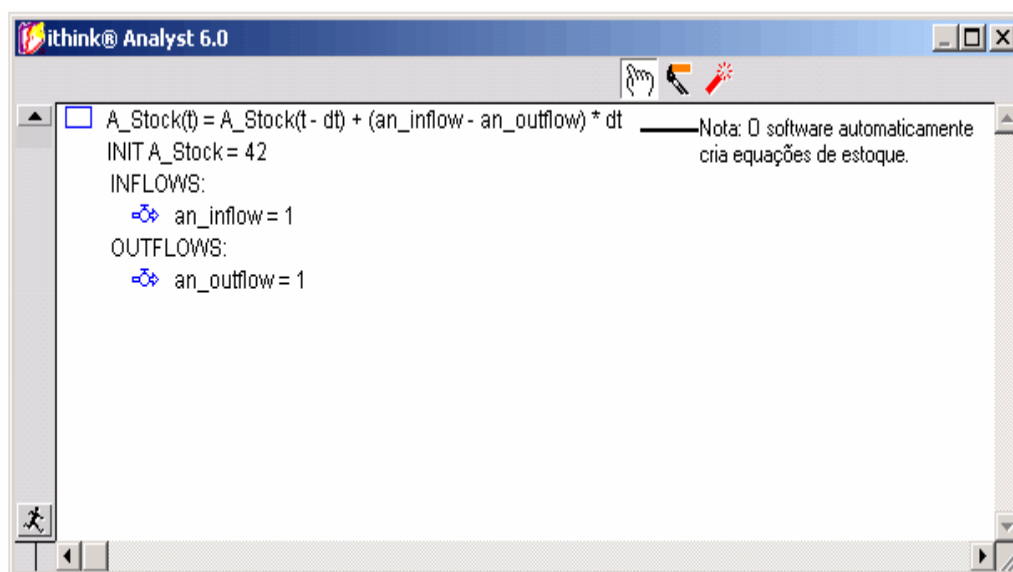


Figura 6.11: Nível das Equações.

6.5.1 A SIMULAÇÃO NO SOFTWARE ITHINK

Quando se modela um sistema utilizando o software Ithink, o mesmo utiliza métodos numéricos para resolver o sistema de equações formado. No software, a estrutura de equação associada ao diagrama de estoque e fluxo é da importância vital e são conhecidas como “equações de diferença finitas”. Importante salientar, que o

próprio software cria as equações, sendo, para isto, importante à correta construção do modelo de estoque e fluxo.

Em um modelo, cada equação que representa um estoque (representados por retângulos) é uma equação de diferença finita. Conceitualmente, resolver equações de diferença finitas envolve duas fases:

Fase da iniciação:

- Etapa 1: Criar uma lista de todas as equações.
- Etapa 2: Calcular valores iniciais para as variáveis que representam estoque, fluxos e conversores.

Fase da iteração:

- Etapa 1: Calcular a variação no estoque no intervalo dt . Calcular valores novos para o estoque baseado nesta estimativa.
- Etapa 2: Usar valores novos do estoque para calcular valores novos para fluxos e conversores.
- Etapa 3: Atualizar o tempo da simulação com um incremento dt .

Para calcular o incremento no valor do estoque no intervalo dt , o software possibilita a escolha de três algoritmos: Euler, Runge-Kutta de segunda ordem e Runge-Kutta de quarta ordem.

6.6 O PROCESSO DE MODELAGEM EM DINÂMICA DE SISTEMAS

A palavra simular significa imitar algo. Para que ocorra a simulação, é necessário haver um modelo que represente, de forma simplificada e significativa, o que se quer imitar. Além disso, um modelo representa fatos, eventos, objetos ou processos que ocorrem no mundo real (ou imaginário), podendo ser físico, computacional ou uma combinação de um ou mais destes tipos.

Em dinâmica de sistemas, um processo típico de modelagem é iterativo, partindo da definição do problema, construção do modelo, de acordo com o formalismo desejado e a definição de políticas de intervenção no sistema. A adequada articulação do problema é o passo mais importante.

Segundo Whelan (1994), construir modelos, através desta metodologia, pode ser gratificante, já que consiste em um processo desafiador, com diferentes caminhos de construção. Para Sterman (2000), a modelagem é um processo criativo e individual, e o modelo é o resultado de constante interação, questionamento contínuo, testes e refinamento. Abaixo, estão relacionadas as etapas que facilitam o processo de modelagem.

- **Definir objetivos:** O objetivo auxilia a compreender a complexidade do modelo e auxilia no encaminhamento das decisões;
- **Definir o sistema que se deseja modelar:** Decidir o que está dentro e fora do sistema que será modelado;
- **Identificar as variáveis-chaves no sistema:** Identificar as variáveis significativas no sistema, nomeando-as de forma a associar com o sistema real;
- **Descrever o comportamento das variáveis-chaves:** Analisar como as variáveis-chaves se comportam na vida real, descrevendo-as de maneira exata ou com restrições. Esta etapa é importante, pois ajuda a avaliar e melhorar o modelo posteriormente;
- **Identificar os estoques e fluxos do sistema:** Determinar os níveis e como os fluxos os influenciam;
- **Mapear os estoques e fluxos no *software* utilizado:** Construir o modelo em uma ferramenta de simulação computacional;
- **Definir os fluxos:** Os fluxos são definidos somente com os estoques e variáveis auxiliares;
- **Simular o modelo:** Teste de funcionalidades;
- **Avaliar o modelo:** O modelo pode não produzir um comportamento razoável, sendo necessário observar cada uma das relações para encontrar possíveis erros, que, em geral, são: intervalo de solução (Δt) muito grande, um fluxo que poderia ser bidirecional sendo definido como unidirecional, o estoque sendo definido por um valor negativo, as direções do fluxo ou as equações estando incorretas;

- **Melhorar o modelo:** Tentar encontrar as causas de anomalias do comportamento e, então, modificar o modelo para produzir o comportamento apropriado.

Segundo Coyle (1998), o processo de modelagem em dinâmica de sistema inicia e termina com um diagrama de enlace causal, sendo um processo contínuo de formulação de hipóteses, testes e revisões dos modelos mentais e formais. Além disso, a metodologia dinâmica de sistemas pode trazer grandes contribuições quando se pretende desenvolver uma modelagem para analisar a consistência de cenários, projetar o impacto de percepções e de hipóteses ou quantificar certas análises. Frente a um processo de decisão sob incerteza, é importante analisar os possíveis futuros estados do sistema, alternativas de decisões e calcular as conseqüências das decisões.

6.7 QUADRO RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO CAPÍTULO

Dinâmica de Sistemas	<ul style="list-style-type: none">- conjunto de ferramentas e métodos que tem por objetivo a análise e o estudo do funcionamento de sistemas dinâmicos, isto é, sistemas que sofrem alteração ao longo do tempo;- fornece uma estrutura organizacional para analisar como as políticas e decisões interagem nas complexas formas inesperadas.- é uma modelagem que utiliza simulações para definir organizações e políticas mais efetivas;- permite a criação de simuladores gerenciais, que consistem em mundos virtuais onde tempo e espaço podem ser comprimidos e desacelerados, de forma a permitir a experimentação de efeitos colaterais de longo prazo, aprendizado e o projeto de estruturas e estratégias de alto desempenho.
Estrutura	<ul style="list-style-type: none">- <i>feedback</i>: foco principal desta metodologia. As decisões são derivadas de informações sobre o sistema, resultando em ações que têm por objetivo alterá-lo.
Diagrama de Ciclo Causal	<ul style="list-style-type: none">- representa os elementos de um sistema e a relação entre eles.
Diagrama de Estoque e Fluxo	<ul style="list-style-type: none">- representa quantitativamente as relações de causa e efeito do diagrama de enlace causal.
Ithink	<ul style="list-style-type: none">- software de simulação que permite testar os modelos mentais construídos e analisar as políticas em determinado período de tempo.
Modelagem	<ul style="list-style-type: none">- o processo é iterativo, partindo da definição do problema, construção do modelo, de acordo com o formalismo desejado e a definição de políticas de intervenção no sistema.

7 MODELAGEM PARA AVALIAR OS IMPACTOS DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDAS

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível” Max Weber

7.1 INTRODUÇÃO

Conforme abordado no Capítulo 4, a entrega de produtos provenientes do comércio eletrônico é um dos grandes desafios para a distribuição urbana. A baixa densidade de clientes com alta dispersão geográfica acarreta um significativo aumento dos custos de distribuição. Acrescenta-se a isso a dificuldade existente em encontrar os clientes em seus domicílios no momento da entrega do produto, acarretando em viagens extras, que elevam ainda mais os custos com distribuição.

Uma alternativa para reduzir este problema é a implantação dos pontos de entrega inteligentes, considerando os aspectos da tendência *city logistics*, apresentados no Capítulo 3. A análise de viabilidade da implantação destes pontos pode ser realizada com a modelagem apresentada neste capítulo, que utiliza a teoria da difusão da inovação para analisar o tempo que as pessoas levam para aderir a esta nova tecnologia, com o suporte da metodologia dinâmica de sistemas.

7.2 ESBOÇO DO FUNCIONAMENTO DOS PONTOS DE ENTREGA INTELIGENTES

Como forma de minimizar os impactos do alto custo da distribuição urbana dos produtos provenientes do comércio eletrônico, propõe-se neste trabalho a utilização de pontos de entrega inteligentes, estrategicamente localizados em pontos de alta geração de viagem, podendo ser *shopping center*, lojas de conveniência, supermercados e outros. Dentre os equipamentos existentes e apresentados no Capítulo 4, sugere-se um equipamento similar ao fornecido pela empresa Keba (Figura 7.1), visto que este é utilizado com sucesso pelo serviço de entrega postal alemão e encontra-se em testes na Normandia.



Figura 7.1: Exemplo de Equipamento Proposto para os Pontos de Entrega.

Qualquer pessoa pode utilizar a tecnologia que está sendo sugerida. Aquele que optar pela utilização deverá realizar seu cadastro no site da empresa, que oferecerá este serviço, tornando-se cliente do mesmo. Depois de realizado o cadastro, será enviado, via correio, um cartão eletrônico contendo as informações cadastrais do cliente e uma senha alfa-numérica. Munido do cartão e da senha, o cliente estará apto para receber, nos pontos de entrega inteligentes, os produtos adquiridos no comércio eletrônico. O recebimento da compra será efetuado através da confirmação da identidade através da inserção do cartão no equipamento e digitação da senha. Com a identificação do cliente validada, o compartimento em que estiver depositado seus pertences se abrirá. Depois de a encomenda ser retirada, o cliente fechará o compartimento que se travará automaticamente.

Além do funcionamento diferenciado, este equipamento exigirá uma logística especial para seus produtos, pois, como serão oriundos do comércio eletrônico, estes exigirão um reduzido tempo de entrega. Quando um indivíduo, que estiver apto a utilizar os pontos de entrega inteligentes, realizar uma compra pela Internet, o mesmo poderá optar pelo recebimento nestes pontos, sendo necessário a indicação da localização de um ponto de entrega inteligente de sua preferência. Quando o pedido for destinado aos pontos de entrega inteligentes, ele será processado pela loja virtual, que o entregará para a empresa responsável pela logística de distribuição, que destinará a encomenda ao local indicado pelo cliente no menor tempo possível. No momento em que o produto estiver depositado no ponto de entrega inteligente, o equipamento, que é

conectado à Internet, enviará, via SMS (*short message service* ou serviço de mensagem curta via celular ou pager) ou email, um aviso de recebimento para que o cliente venha retirar o produto. O funcionamento do equipamento sugerido e a logística dos produtos com destino aos pontos de entrega inteligente estão resumidos no fluxograma apresentado na Figura 7.2.

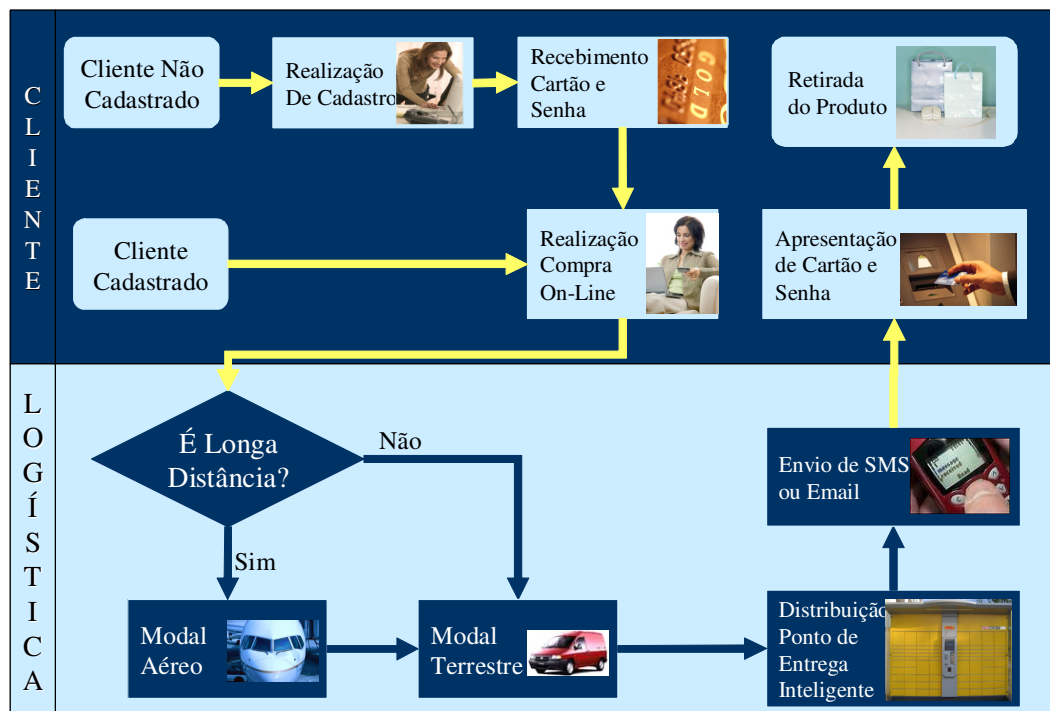


Figura 7.2: Fluxograma do Funcionamento do Equipamento Sugerido e da Logística dos Produtos.

7.3 ESTRUTURA DA MODELAGEM PROPOSTA

A modelagem proposta neste trabalho avalia a viabilidade de implantação do sistema acima apresentado, analisando os resultados econômicos e ambientais. Este modelo é composto de fases (Figura 7.3), que permitem avaliar a adesão de clientes ao novo sistema, fornecendo informações preliminares da quantidade necessária de equipamentos, instalações e veículos para a implantação do sistema. Cada uma destas fases é apresentada, com os respectivos modelos de enlace causal e estoque e fluxo, sendo explicadas as relações e variáveis dos mesmos.

É importante ressaltar que a modelagem proposta foi desenvolvida considerando a fase de planejamento de implantação de um novo sistema.

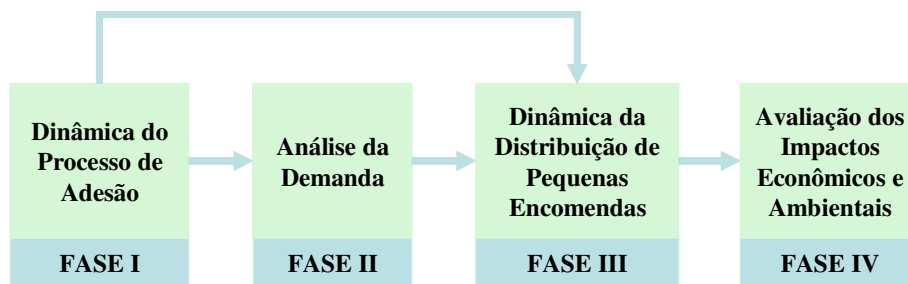


Figura 7.3: Estrutura do Modelo Proposto.

7.3.1 FASE I: DINÂMICA DO PROCESSO DE ADESÃO DO NOVO SISTEMA PROPOSTO

O intuito desta fase é analisar dinamicamente a adesão dos consumidores do comércio eletrônico ao novo sistema de pontos de entrega inteligentes, proposto neste trabalho, considerando o processo de aquisição de produtos e a competição de mercados. No instante zero, todos os indivíduos são considerados potenciais clientes do novo sistema. Os adotantes do sistema, ditos inovadores pelo modelo de Bass, são aqueles que passam a utilizar o novo sistema proposto, sendo motivados a fazê-lo por influência externa, caracterizada pela publicidade, interação social e custo percebido. A Figura 7.4, ilustra no diagrama de enlace causal, esta idéia.

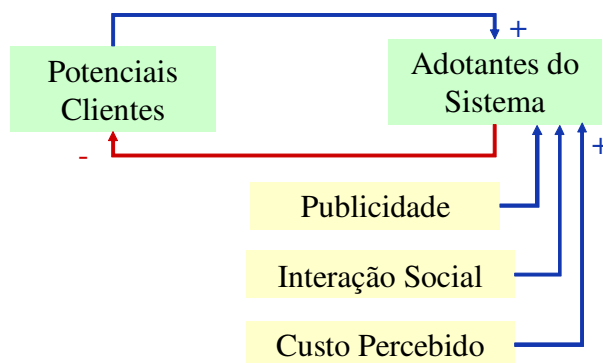


Figura 7.4: Diagrama de Enlace Causal do Processo de Difusão da Inovação.

O diagrama de estoque e fluxo da dinâmica do processo de difusão é apresentado na Figura 7.5. Neste, o estoque é representado pelas variáveis potenciais clientes e adotantes do sistema. Os potenciais clientes são os indivíduos que permanecerão utilizando o atual sistema de entrega de pequenas encomendas do comércio eletrônico, e-sedex. Os adotantes do sistema são aqueles que adotam o novo sistema de distribuição de produtos nos pontos de entrega inteligentes. O fluxo é representado pela variável adesão, que corresponde ao número de indivíduos que deixam de utilizar o sistema e-sedex, passando a utilizar os pontos de entrega inteligente.

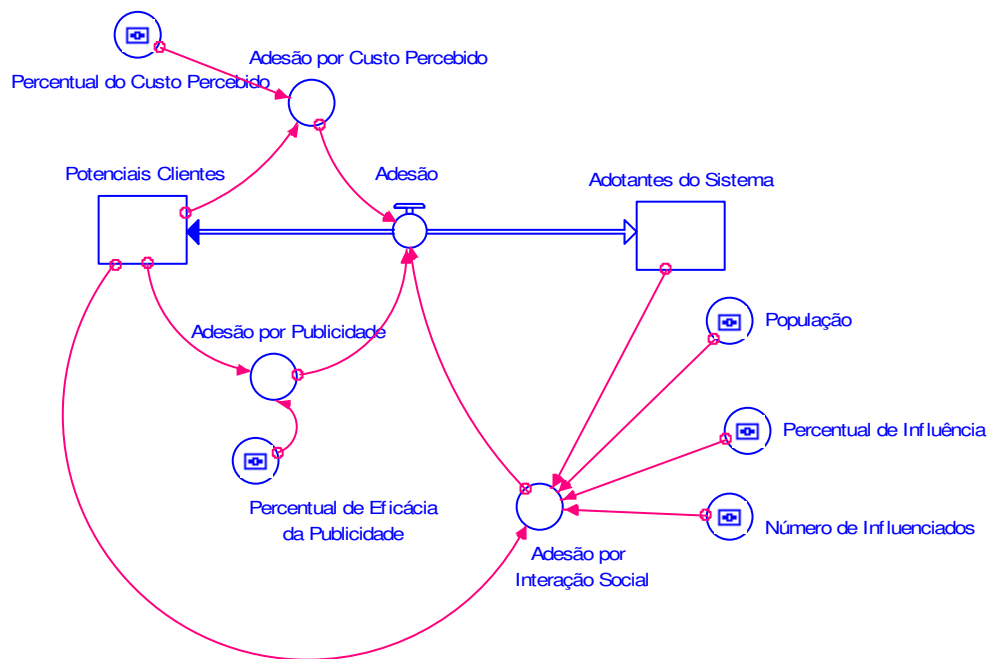


Figura 7.5: Diagrama de Estoque e Fluxo do Processo de Difusão da Inovação

Como o processo de adesão não ocorre instantaneamente e, tanto a publicidade, como a interação social ou o custo percebido exigem um tempo de assimilação por parte do adotante, o fluxo de adesão apresenta uma defasagem, que consiste no tempo necessário para os potenciais adotantes perceberem a nova idéia e passarem a adotá-la.

Os conectores são representados pelas variáveis que causam influência no fluxo de adesão. A adesão por publicidade é resultado do percentual de eficácia da publicidade, isto é, a propaganda influencia positivamente os potenciais adotantes do novo sistema. A adesão por interação social ocorre através da indicação de conhecidos quanto à eficácia do novo sistema. A adesão por custo percebido ocorre quando os potenciais adotantes percebem uma vantagem econômica do novo sistema (pontos de coleta) em relação ao sistema e-Sedex. Como população, considera-se os usuários da Internet que poderão utilizar os pontos de entrega inteligentes. As principais equações desta fase do modelo estão apresentadas no Quadro 7.1.

Quadro 7.1: Principais Equações da Fase I do Modelo Proposto.

$\text{Adotantes do Sistema (t)} = \text{Adotantes do Sistema (t - dt)} + (\text{Adesão}) * dt$
$\text{Adesão} = \text{Adesão por Publicidade} + \text{Adesão por Interação Social} + \text{Adesão por Custo Percebido}$
$\text{Adesão por Custo Percebido} = \text{Potenciais Clientes} * \text{Percentual do Custo Percebido}$
$\text{Adesão por Publicidade} = \text{Percentual de Eficácia da Publicidade} * \text{Potenciais Clientes}$
$\text{Adesão por Interação Social} = \text{Número de Influenciados} * \text{Percentual de Influência} * (\text{Potenciais Clientes} + \text{Adotantes do Sistema}) / \text{População}$

7.3.2 FASE II: ANÁLISE DE DEMANDA

A análise da demanda pretende identificar a demanda adicional de futuros clientes do sistema, representada na Figura 7.6 pelo diagrama de enlace causal. Esta figura indica que a demanda adicional é influenciada positivamente pelas variáveis inovadores e taxa de projeção, isto é, quanto maior (menor) o número de adotantes do sistema, maior (menor) a demanda adicional.

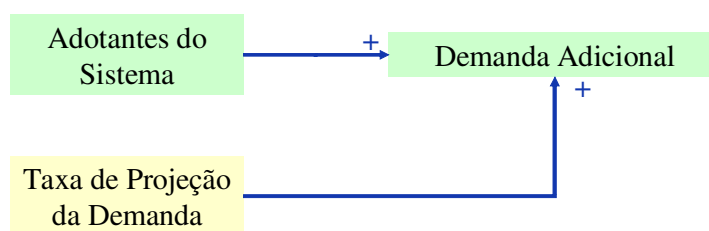


Figura 7.6: Diagrama de Enlace Causal da Análise da Demanda

O diagrama de estoque e fluxo da dinâmica de análise da demanda é apresentado na Figura 7.7. O principal estoque deste modelo é a demandas adicional, que é acrescida pelo fluxo de demanda, por sua vez influenciado pelo número de adotantes do sistema e pela taxa de projeção de demanda. As principais equações desta fase do modelo estão apresentadas no Quadro 7.2.

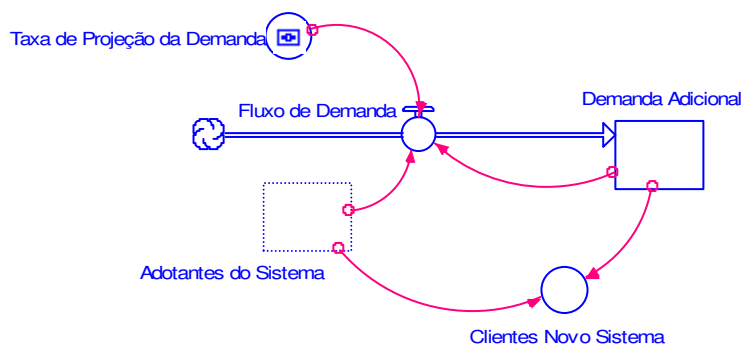


Figura 7.7: Diagrama de Estoque e Fluxo da Análise da Demanda.

Quadro 7.2: Principais Equações da Fase II do Modelo Proposto

$\text{Demanda Adicional}(t) = \text{Demanda Adicional}(t - dt) + (\text{Fluxo de Demanda}) \times dt$
$\text{Fluxo de Demanda} = \text{Adotantes do Sistema} \times \text{Taxa de Projeção da Demanda} - \text{Demanda Adicional}$
$\text{Clientes Novo Sistema} = \text{Demanda Adicional} + \text{Adotantes do Sistema}$

7.3.3 FASE III: DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO URBANA DE PEQUENAS ENCOMENDADAS

Esta fase da modelagem proposta foi desenvolvida para analisar o comportamento das variáveis relativas à distribuição urbana. Dada a existência de uma demanda pré-determinada pelas fases antecedentes, estima-se o número de veículos e equipamentos que serão necessários para atender a esta demanda. O número de encomendas destinadas a cada um dos sistemas também pode ser analisado nesta fase, como ilustra o diagrama de enlace causal apresentado na Figura 7.8.

Existe um reforço negativo entre as variáveis encomendas e-Sedex e encomendas novo sistema, isto é, quanto maior (menor) o número de encomendas e-Sedex menor (maior) o número de encomendas do novo sistema. Além deste, outro importante reforço relaciona positivamente as variáveis encomendas novo sistema, veículos e equipamentos, isto é, quanto maior (menor) a quantidade de encomendas do novo sistema, maior (menor) será o número de veículos e de equipamentos necessários pelo mesmo.

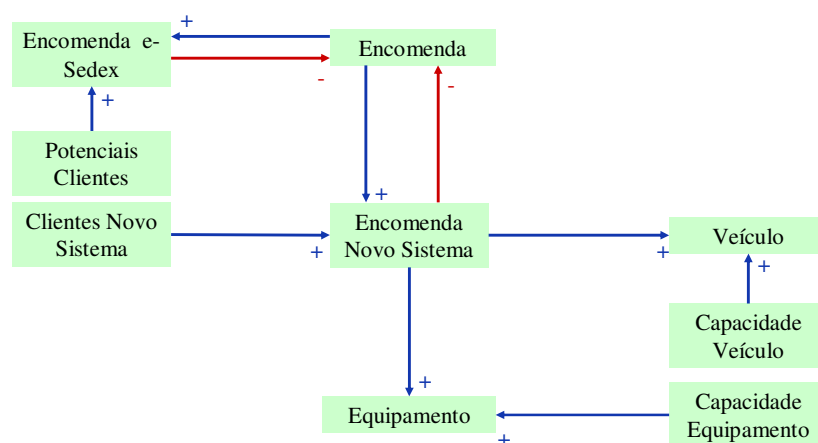


Figura 7.8: Diagrama de Enlace Causal do Modelo de Distribuição Urbana

O diagrama de estoque e fluxo da dinâmica de análise de demanda é apresentado na Figura 7.9.

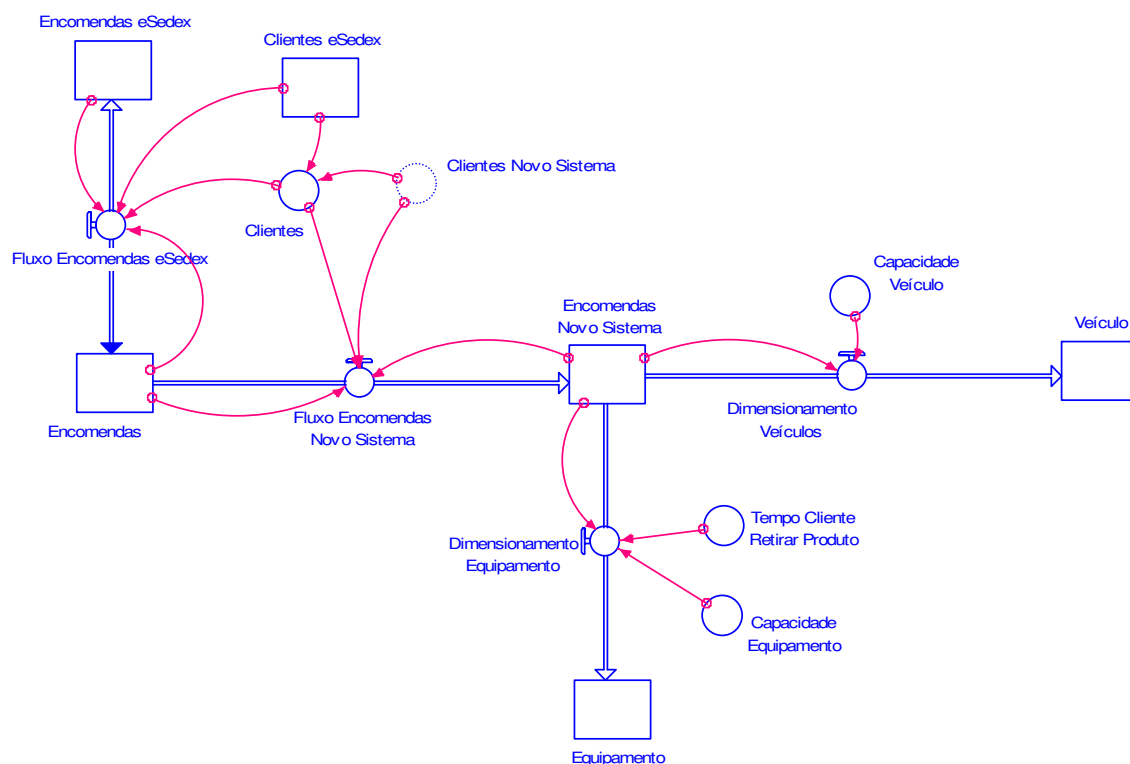


Figura 7.9: Diagrama de Estoque e Fluxo do Processo de Difusão da Inovação

Nesta fase da modelagem, o estoque é representado pelas variáveis encomendas, encomendas e-Sedex, encomendas novo sistema, veículos e equipamentos. A variável encomenda representa a quantidade média anual de encomendas do atual sistema de entregas. A variável encomenda e-Sedex representa a quantidade anual de encomendas que permanecerá em processo de entrega pelo atual sistema, e a variável encomenda novo sistema, a quantidade anual de encomendas que passará a ser entregue pelo novo sistema. A variável veículo representa o número mínimo de veículos para realizar a distribuição, considerando seu volume de carga, e, a variável equipamento, o número de equipamentos para atender à demanda de encomendas, através dos pontos de entrega inteligentes. As principais equações desta fase da modelagem estão no Quadro 7.3.

Quadro 7.3: Principais Equações da Fase III do Modelo Proposto.

$$\text{Encomendas (t)} = \text{Encomendas (t - dt)} + (- \text{Fluxo Encomendas Novo Sistema} - \text{Fluxo Encomendas eSedex}) \times dt$$

$$\text{Encomendas eSedex(t)} = \text{Encomendas eSedex (t - dt)} + (\text{Fluxo Encomendas eSedex}) \times dt$$

$$\text{Encomendas Novo Sistema(t)} = \text{Encomendas Novo Sistema (t - dt)} + (\text{Fluxo Encomendas Novo Sistema} - \text{Dimensionamento Veículos} - \text{Dimensionamento Equipamento}) \times dt$$

$$\text{Equipamento(t)} = \text{Equipamento (t - dt)} + (\text{Dimensionamento Equipamento}) * dt$$

$$\text{Veículo}(t) = \text{Veículo}(t - dt) + (\text{Dimensionamento Veículos}) * dt$$

$$\text{Fluxo Encomendas Novo Sistema} = (\text{Clientes Novo Sistema} \times \text{Encomendas/Clientes}) - \text{Encomendas Novo Sistema}$$

$$\text{Fluxo Encomendas eSedex} = (\text{Encomendas} \times \text{Clientes eSedex})/\text{Clientes} - \text{Encomendas eSedex}$$

$$\text{Fluxo Encomendas eSedex} = (\text{Encomendas} \times \text{Clientes eSedex})/\text{Clientes} - \text{Encomendas} \times \text{eSedex}$$

$$\text{Fluxo Encomendas Novo Sistema} = (\text{Clientes Novo Sistema} \times \text{Encomendas/Clientes}) - \text{Encomendas Novo Sistema}$$

$$\text{Dimensionamento Veículos} = \text{Encomendas Novo Sistema}/(\text{Capacidade Veículo} \times \text{número de meses} \times \text{número de dias úteis})$$

$$\text{Dimensionamento Equipamento} = (\text{Encomendas Novo Sistema} \times \text{Tempo Cliente Retirar Produto}/\text{Capacidade Equipamento})$$

7.3.4 FASE IV: AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL

Através de uma avaliação econômica e ambiental, é possível analisar se o sistema proposto traz ganhos para a sociedade nestes termos. Para a avaliação econômica, far-se-á um estudo de viabilidade econômica, baseado em Bastos (2006), para analisar se o sistema é vantajoso economicamente. Para tal finalidade, faz-se necessário conhecer previamente os custos de distribuição da “última milha de entrega” dos pontos de entrega inteligente.

A avaliação ambiental consistirá na análise da quantidade de poluentes emitidos por cada um dos sistemas analisados. Segundo Vasconcelos e Lima (1998), os coeficientes de emissão de poluentes por veículos automotores variam muito em função das condições dos combustíveis e dos veículos. Esta análise se concentrará na emissão dos três principais poluentes nocivos à saúde: monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxido de nitrogênio, apresentados no Quadro 7.4, que relaciona a quantidade de poluentes por tipo de veículo (Ibama, 2006).

Quadro 7.4: Taxa de Emissão de Poluentes (g/km) por Tipo de Veículo Considerado no Estudo (Fonte: Ibama, 2006).

Tipo de Poluente	Veículo Leve Comercial até 1700 kg (g/km)	Veículo Leve Comercial maior que 1700 kg (g/km)
Monóxido de Carbono	2,00	2,70
Hidrocarboneto	0,60	1,00
Óxido de Nitrogênio	0,30	0,50

Foram definidas equações que relacionam as emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxido de nitrogênio com a velocidade, utilizando-se as estimativas da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) para o veículo médio da cidade de São Paulo (CETESB, 1994). No caso de veículos movidos à gasolina, são definidas as seguintes equações para a emissão de poluentes. Seja V , a variável velocidade (km/h):

$$\text{Equação 7.1: Monóxido de Carbono (g/km)} = -4,51 + \frac{727}{V} + 1,34 \cdot 10^{-3} V^2.$$

$$\text{Equação 7.2: Hidrocarboneto (g/km)} = -0,28 + \frac{62,48}{V}.$$

$$\text{Equação 7.3: Óxido de Nitrogênio (g/km)} = 1,03 + 7,477 \cdot 10^{-5} V^2.$$

Segundo Vasconcelos e Lima (1998), a monetarização da poluição ambiental é bastante complexa, pois, além de demandar estudos relativos aos reflexos da poluição sobre o ser humano (que variam de acordo com o clima, altitude, dispersão, regime de ventos, relevo, etc.), também apresenta uma mescla de efeitos das várias fontes de poluição.

Dentre esses efeitos, pode-se citar o do monóxido de carbono, que provoca tonturas, dores de cabeça, sono, redução dos reflexos e perda da noção de tempo. Trata-se de um dos principais responsáveis por acidentes de trânsito em áreas de grande concentração, aumentando o estado de morbidez das pessoas idosas. Os hidrocarbonetos são irritantes para olhos, nariz, pele e parte superior do sistema respiratório; também reduzem a visibilidade, provocando acidentes. O óxido de nitrogênio provoca irritação e contração das vias respiratórias diminuindo a resistência orgânica às infecções e participa do desenvolvimento do enfisema pulmonar.

Segundo Vasconcelos e Lima (1998), não existem estudos específicos sobre a monetarização da poluição para as condições brasileiras. Desta forma, os valores adotados neste trabalho são sugeridos pelos mesmos autores, sendo baseados em custos americanos e europeus, aproximando-se para a realidade brasileira através da renda per-capita. Os valores adotados, segundo Vasconcelos e Lima (1998), são:

$$\text{Equação 7.4: Monóxido de Carbono} = R\$ 0,19/kg$$

$$\text{Equação 7.5: Hidrocarbonetos} = R\$ 1,14/kg$$

Equação 7.6: Óxido de Nitrogênio = $R\$ 1,12/kg$

Concluindo, com este modelo é possível identificar a viabilidade de implantação dos pontos de entrega inteligentes nas cidades brasileiras, do ponto de vista econômico e ambiental.

8 VALIDAÇÃO DA MODELAGEM PROPOSTA

“Todo problema traz consigo a semente da solução. Um problema só lhe é apresentado pela vida se você puder resolvê-lo ou, de alguma forma, contribuir para a solução” (Lair Ribeiro)

8.1 INTRODUÇÃO

Dutra (2004) avaliou os benefícios advindos do emprego dos conceitos de *city logistics* na melhoria do ambiente urbano, através de uma aplicação em Florianópolis, por meio da análise de dois cenários: a situação atual, onde as entregas são realizadas na casa do cliente, e um cenário no qual se fizeram presentes os conceitos de *city logistics*.

A proposta do trabalho de Dutra (2004) foi de, com os conceitos de *city logistics*, realizar a entrega agregada, onde o destino final da encomenda deixa de ser a residência do cliente e passa a ser um ponto central da cidade, escolhido de acordo com a demanda do serviço. A autora trabalhou com seis distritos (áreas) de entregas parceladas do tipo normal e expressa simples (entrega até dois dias após postagem).

A autora dividiu seu método em duas etapas. Na primeira delas, foi calculada a distância em rede para o problema de localização espacial de um ponto central. Na segunda etapa, foi realizada a análise econômica, verificando-se os custos para os dois cenários analisados.

Os resultados, tanto do ponto de vista ambiental (redução do número de emissão e de poluentes), quando de competitividade (custos em geral) foram satisfatórios. A autora verificou que os custos com a operação dos veículos são os que mais sofreram alteração, fato esperado pela redução no uso. A autora ainda destaca que a simulação apresentada serve de estimativa aproximada, podendo, ser considerada como uma diretriz metodológica em direção aos benefícios possíveis da aplicação dos conceitos de *city logistics*.

Nesta perspectiva, o presente trabalho pode ser considerado como uma continuação da análise proposta por Dutra (2004), considerando parcerias que visam promover o desenvolvimento de um ambiente urbano sustentável. Neste trabalho, além da área de análise ser mais abrangente, considera-se a implantação de múltiplos pontos de entrega inteligentes através de uma visão sistêmica e de simulação. Além disso, o processo de adesão analisa aspectos distintos: Dutra (2004) analisa o comportamento da

demanda em relação ao modo de coleta do produto (deslocamento a pé) e este trabalho analisa o comportamento da demanda frente a um novo sistema de distribuição automatizado. Ainda, o modelo proposto consiste de uma ferramenta de análise de viabilidade econômica e ambiental de um novo sistema de distribuição, fundamental na fase de planejamento do sistema analisado.

Assim sendo, neste capítulo, a modelagem proposta no capítulo anterior será validada através de uma aplicação para a Região Metropolitana de Florianópolis – SC. Com a modelagem, é possível analisar os impactos na demanda pelo serviço e-Sedex e pontos de entrega inteligentes, avaliando se ocorrem melhorias na eficiência da “última milha” de distribuição através da consolidação de produtos. Caso ocorram melhorias e o sistema seja economicamente viável, pode-se concluir que o mesmo apresenta viabilidade de implantação.

Neste estudo, são analisados três cenários para a validação da modelagem, partindo-se da premissa de adesão ao sistema, isto é, o conhecimento de um novo sistema de distribuição pelos potenciais usuários. Assim, no primeiro cenário, considera-se a implantação do sistema com intensa estratégia de difusão, isto é, serão intensivas as formas de divulgação do mesmo. No segundo cenário, a estratégia de divulgação do sistema será moderada e, no terceiro cenário, considerou-se a implantação do sistema sem divulgação do mesmo. Os resultados destes três cenários permitem determinar qual estratégia é a mais promissora, caso o sistema seja implantado, a demanda associada à estratégia e o dimensionamento de equipamentos e veículos para atender a esta demanda.

Além disso, neste capítulo, também serão apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento da aplicação, os resultados para cada um dos cenários analisados e a avaliação econômica e ambiental para o cenário mais promissor.

8.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS

A região metropolitana de Florianópolis é constituída pelas cidades de Florianópolis, São José, Palhoça, Biguacu, Governador Celso Ramos, Antonio Carlos, Águas Mornas e Santo Amaro da Imperatriz, com uma população de 821.423 habitantes (Quadro 8.1), representando 14% do total da população do estado de Santa Catarina.

Quadro 8.1: População da Região Metropolitana de Florianópolis.
(Fonte: IBGE, 2000)

Município	População (habitantes)
Florianópolis	396.778
São José	196.907
Palhoça	124.239
Biguaçu	56.857
Santo Amaro da Imperatriz	17.973
Governador Celso Ramos	12.832
Antônio Carlos	6.948
Águas Mornas	5.064
São Pedro de Alcântara	3.825
TOTAL	821.423

Esta região foi escolhida para a validação desta modelagem pelo seu potencial para a implantação do sistema. Um dos motivos deve-se ao grande número de domicílios com acesso à Internet, que, segundo a Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios (Pnad - IBGE, 2006), 19,7% dos domicílios do estado têm acesso à Internet. Ainda, nesta região, encontra-se um dos maiores índices de desenvolvimento humano e PIB *per capita* do Brasil, o que ajuda a elevar o número de consumidores do comércio eletrônico nesta região. Além disso, esta região sofre com os crescentes congestionamentos, resultado do aumento da população.

8.3 PREMISSAS CONSIDERADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS

Os dados foram obtidos pelo processo de colisão (*The Collision Process*), desenvolvido pela Kaiser Associates, o qual confronta dados obtidos na literatura (publicações, teses, pesquisas etc.) com entrevistas de especialistas da área. Esta metodologia foi utilizada devido à inexistência do sistema de pontos de entrega inteligentes no Brasil e, conseqüentemente, a inexistência de informações sobre os mesmos. As informações utilizadas foram extraídas de Lamin (2005) e confrontadas com informações dos Correios de Santa Catarina, através de entrevistas.

Como população total, considerou-se a população da região metropolitana de Florianópolis com idade superior a 18 anos que, segundo o IBGE (2000), é de 543.763 habitantes. Foi considerada de 2,98% ao ano a taxa do crescimento populacional (IBGE, 2000).

Os pontos de coleta destinam-se, neste estudo, exclusivamente a produtos provenientes do comércio eletrônico, que, em geral, têm sede de suas empresas virtuais em São Paulo e no Rio de Janeiro. Desta forma, estas cidades foram consideradas como as principais origens dos fluxos de produtos. Determinou-se como custo de transferência de produtos destas origens para Florianópolis o mesmo custo praticado pelo serviço Sedex.

Por dia, a região metropolitana de Florianópolis recebe 177 encomendas provenientes do comércio eletrônico, como mostra o Quadro 8.2. O volume máximo das encomendas é de 0,052 m³ e o volume de carga do veículo considerado, para realizar a distribuição nesta região, é de 8 m³ (utilitário Cargo da Renault). A jornada de trabalho diária considerada foi de 8 horas.

Quadro 8.2: Quantidade Média Diária de Envelopes, Encomendas e Encomendas e-Sedex distribuídos por unidade distribuidora da Região Metropolitana de Florianópolis (Fonte: Lamin, 2005)

Unidade Distribuidora	Envelopes	Encomendas	e-Sedex	Total
CDD Florianópolis	904	345	42	1.291
CDD Florianópolis Norte	691	264	32	987
CDD Florianópolis Sul	370	141	17	528
CDD Ingleses	176	67	8	251
CDD Estreito	364	139	17	520
CDD São José	416	159	19	594
CDD Barreiros	378	145	17	540
CDD Palhoça	315	121	14	450
UD Biguaçu	252	97	11	360
TOTAL	3.866	1.478	177	5.522

O tamanho e o custo do equipamento para o ponto de coleta foram estimados junto à empresa especializada de Santa Catarina, tendo capacidade para armazenar 76 encomendas por equipamento, com custo médio de R\$ 30.000 por unidade. Considerou-se sete dias o tempo máximo para o cliente retirar seu produto do equipamento sem pagamento de taxas extras.

É importante ressaltar, que para a validação, o modelo foi calibrado qualitativamente. Além disso, a avaliação também é qualitativa e busca avaliar a viabilidade de implantação do sistema em análise.

8.4 CENÁRIO I: IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA COM INTENSA ESTRATÉGIA DE DIVULGAÇÃO

Neste cenário, consideram-se intensas as estratégias adotadas para a divulgação do novo sistema proposto, sendo elevados os valores das variáveis decisórias, como mostra a Figura 8.1. Vale ressaltar, que os intervalos de simulação foram obtidos em análise prévia do modelo, onde testou-se sua robustez. As equações e a análise adimensional das variáveis do modelo estão apresentadas no Anexo II deste trabalho.

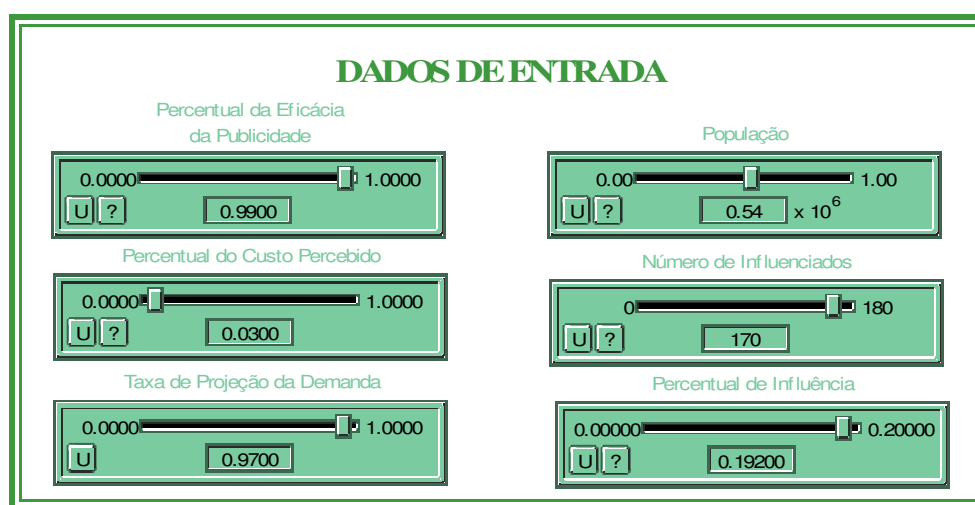


Figura 8.1: Inputs Considerados no Cenário I

Os resultados da primeira e segunda fases da modelagem (vide itens 7.3.1 e 7.3.2) proposta estão apresentados na Figura 8.2. Neste cenário, onde a influência é muito forte, a adesão é muito rápida. Além disso, na decisão dos adotantes é observada grande oscilação, evidenciada pelas flutuações no tempo da curva dos potenciais clientes e adotantes do sistema, indicando a instabilidade no processo decisório para este cenário.

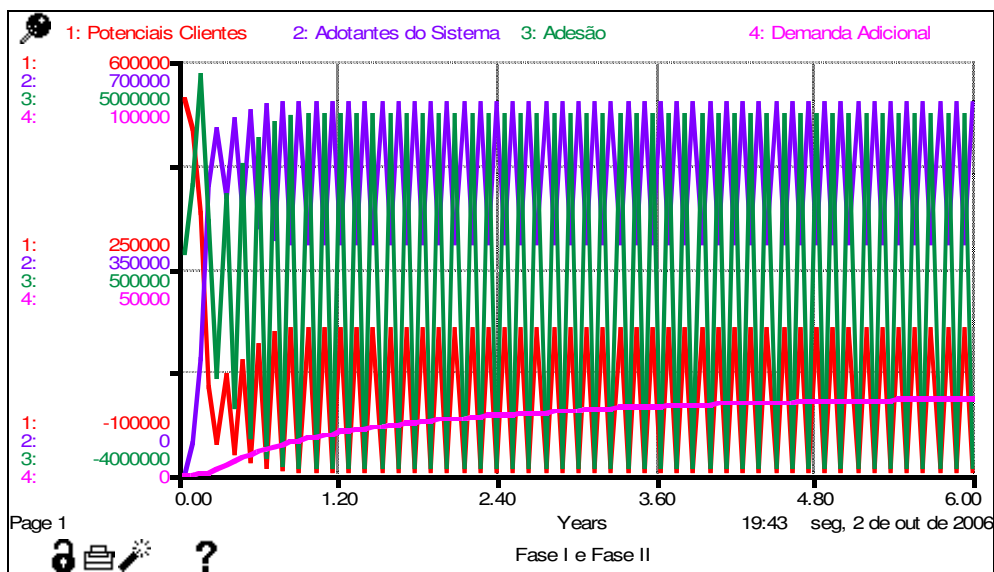


Figura 8.2: Resultados da Modelagem da Dinâmica do Processo de Adesão e da Análise de Demanda para o Cenário I

Os resultados da modelagem da dinâmica da distribuição urbana dividem-se em relação ao número médio de encomendas e ao número médio de equipamentos e veículos. Como a adesão é muito elevada, o número de encomendas do novo sistema se estabelece rapidamente (Figura 8.3), sendo necessários equipamentos e veículos para atender à demanda conforme mostra a Figura 8.4.

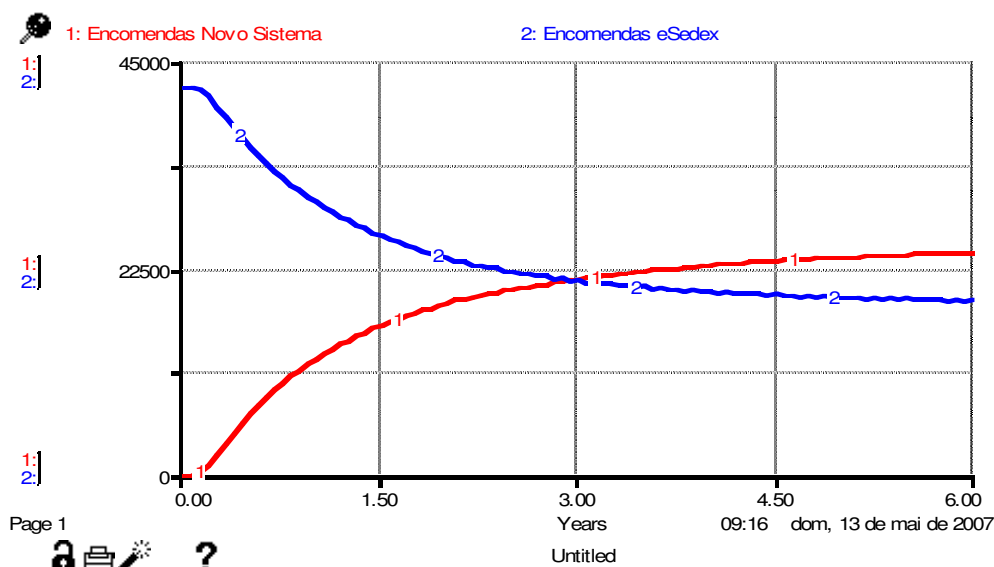


Figura 8.3: Resultados da Modelagem da Dinâmica da Distribuição Urbana de Pequenas Encomendas para o Cenário I – Número Médio de Encomendas

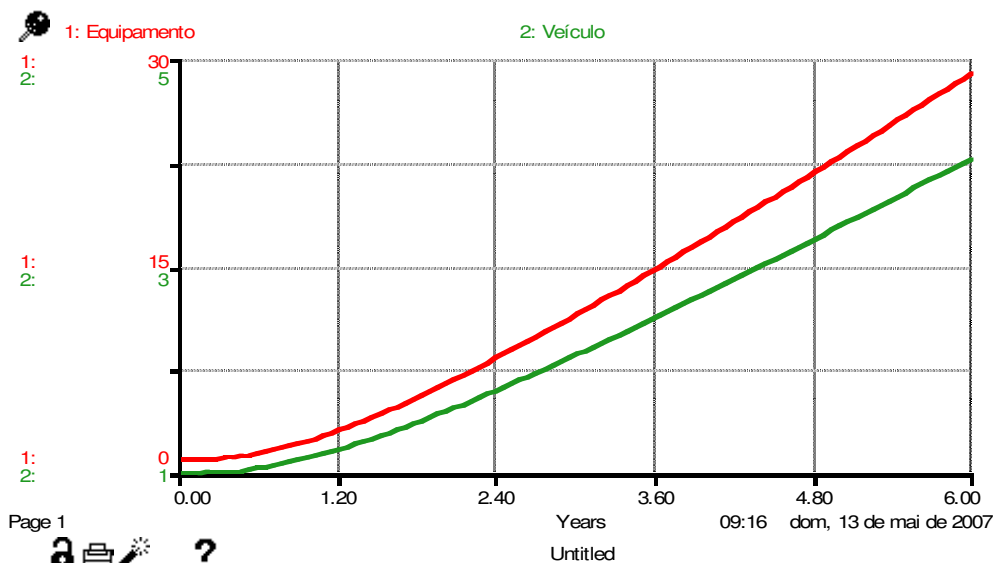


Figura 8.4: Resultados da Modelagem da Dinâmica da Distribuição Urbana de Pequenas Encomendas para o Cenário I – Número Médio Equipamentos, Instalações e Veículos

8.5 CENÁRIOS II: IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA COM MODERADA ESTRATÉGIA DE DIVULGAÇÃO

Neste cenário, considera-se que será moderada a estratégia de divulgação do sistema proposto, considerando as variáveis decisórias como na Figura 8.5.

DADOS DE ENTRADA

Percentual de Eficácia da Publicidade

0.0000

1.0000

U ?

0.0100

Percentual do Custo Percebido

0.0000

1.0000

U ?

0.0300

Taxa de Projeção da Demanda

0.0000

1.0000

U

0.0300

População

0.00

1.00

U ?

0.54 x 10⁶

Número de Influenciados

0

180

U ?

100

Percentual de Influência

0.00000

0.20000

U ?

0.01600

Figura 8.5: Inputs Considerados no Cenário II

Neste cenário, a adesão do novo sistema ocorre em seis anos, como mostra a Figura 8.6, implicando que políticas moderadas e bem focalizadas representam uma estratégia interessante na divulgação do novo sistema.

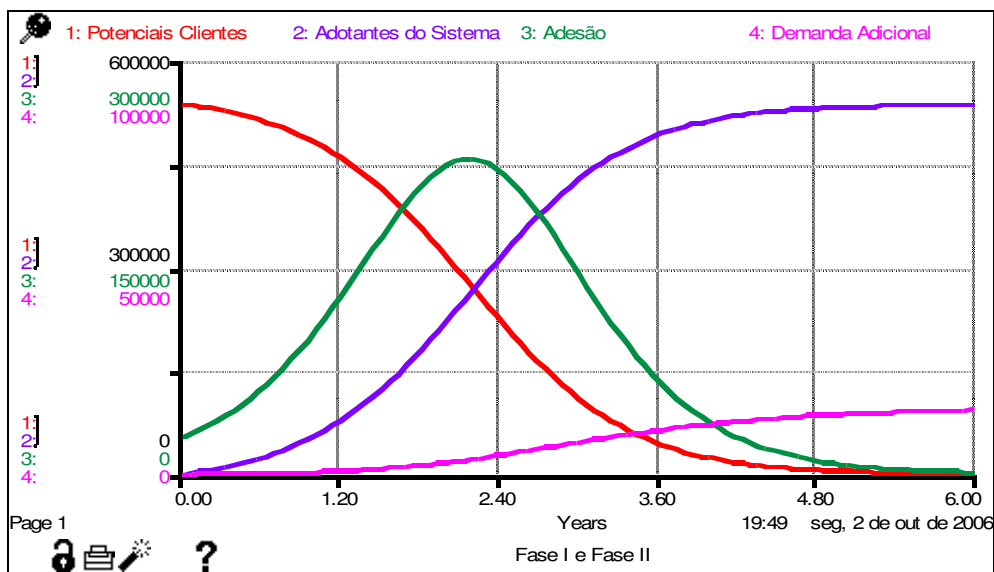


Figura 8.6: Resultados da Modelagem da Dinâmica do Processo de Adesão e da Análise de Demanda para o Cenário II

Para atender à demanda de encomendas resultante da fase I e II (Figura 8.7) necessita-se de equipamentos e veículos como indicado na Figura 8.8.

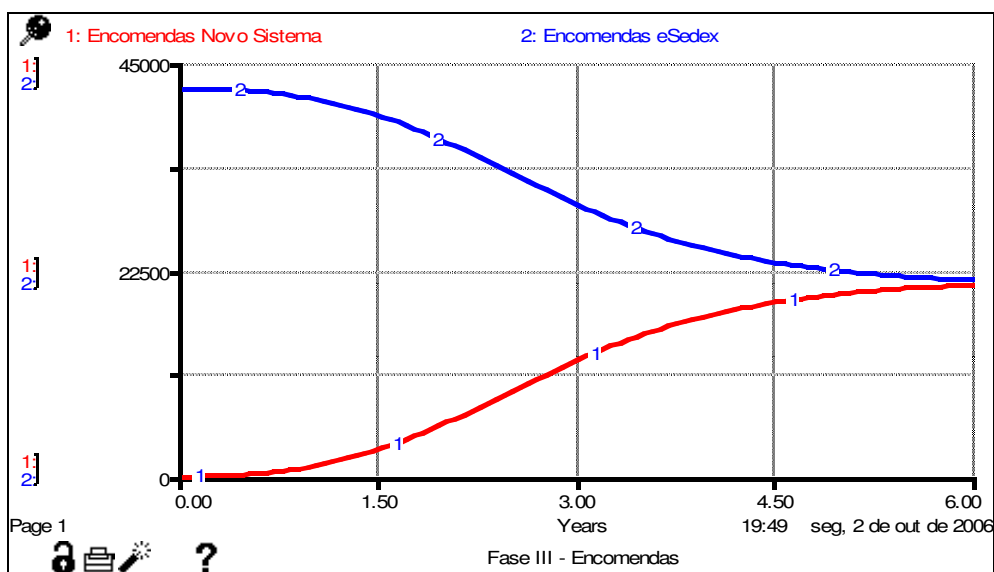


Figura 8.7: Resultados da Modelagem da Dinâmica da Distribuição Urbana de Pequenas Encomendas para o Cenário II – Número Médio de Encomendas

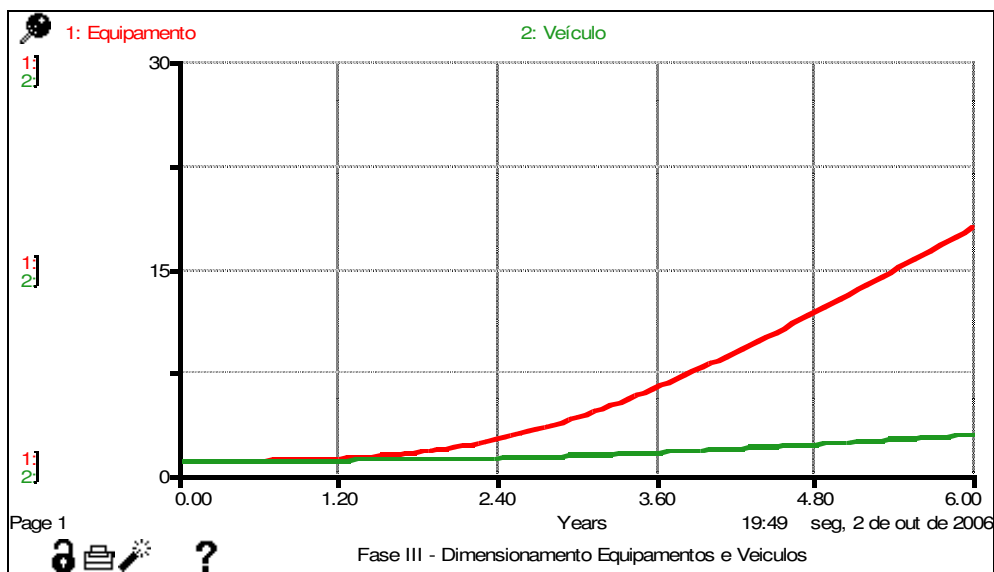


Figura 8.8: Resultados da Modelagem da Dinâmica da Distribuição Urbana de Pequenas Encomendas para o Cenário II – Número Médio Equipamentos, Instalações e Veículos

8.6 CENÁRIOS III: IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA SEM POLÍTICA DE DIFUSÃO

Neste cenário, consideram-se inexistentes as políticas para a difusão do sistema proposto, sendo que as variáveis decisórias como eficácia da publicidade, taxa de contato, fração de contato e custo percebido têm valores próximos de zero, como mostra a Figura 8.9.

DADOS DE ENTRADA

<p>Percentual da Eficácia da Publicidade</p> <p>0.0000 1.0000</p> <p>U ? 0.0100</p>	<p>População</p> <p>0.00 1.00</p> <p>U ? 0.54 x 10⁶</p>
<p>Percentual do Custo Percebido</p> <p>0.0000 1.0000</p> <p>U ? 0.0600</p>	<p>Número de Influenciados</p> <p>0 180</p> <p>U ? 10</p>
<p>Taxa de Projeção da Demanda</p> <p>0.0000 1.0000</p> <p>U 0.0300</p>	<p>Percentual de Influência</p> <p>0.00000 0.20000</p> <p>U ? 0.00400</p>

Figura 8.9: Inputs Considerados no Cenário III.

Para estes inputs, a adesão ainda é muito inicial no tempo de análise considerado de seis anos, como pode ser observado na Figura 8.10, indicando que um cenário sem política de adesão não é interessante para implantação.

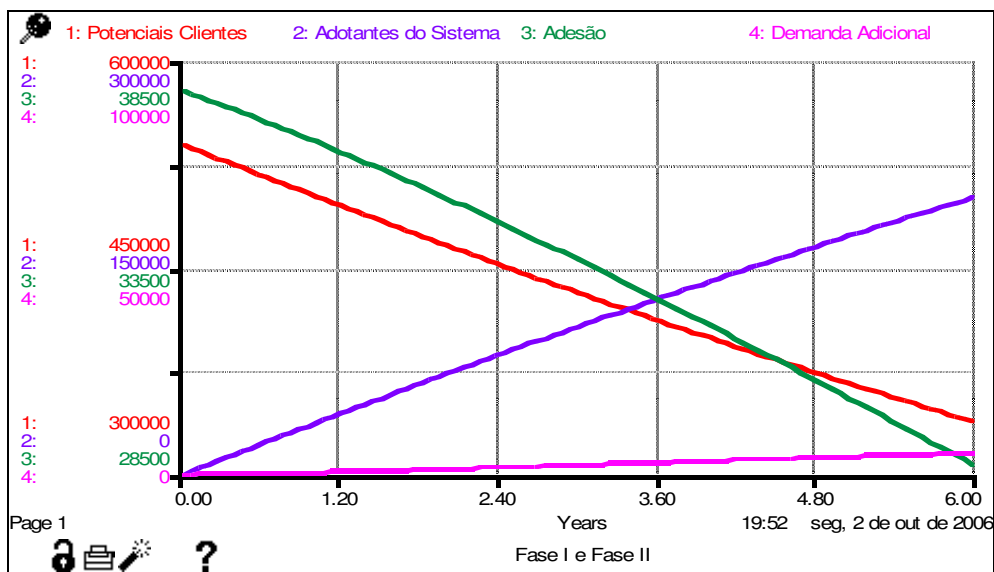


Figura 8.10: Resultados da Modelagem da Dinâmica do Processo de Adesão e da Análise de Demanda para o Cenário III, numa análise de 6 anos

Os resultados das fases I e II da modelagem para este cenário indicam que o número de encomendas do novo sistema é reduzido (Figura 8.11) e, conseqüentemente, também o número de equipamentos, veículos (Figura 8.12).

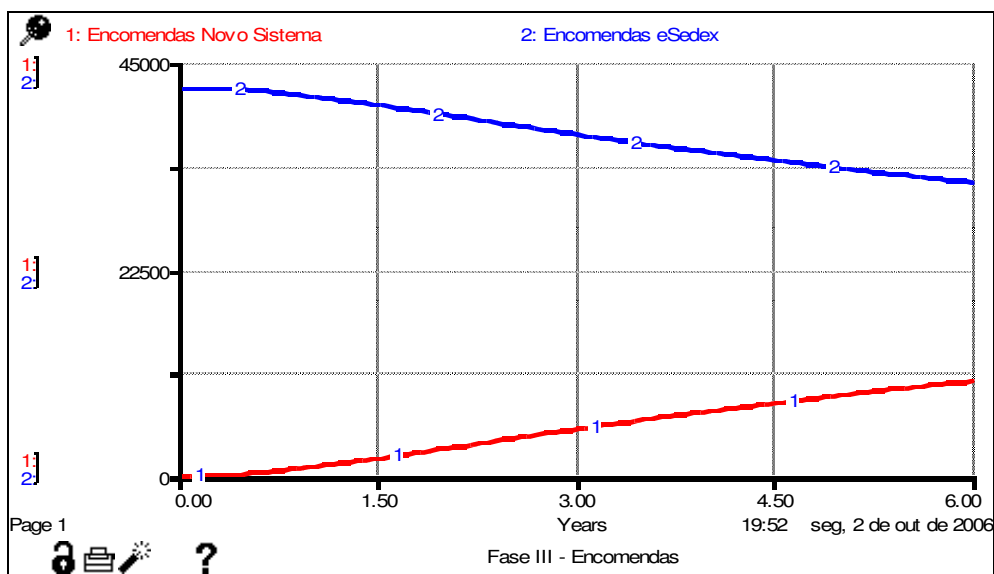


Figura 8.11: Resultados da Modelagem da Dinâmica da Distribuição Urbana de Pequenas Encomendas para o Cenário III – Número Médio de Encomendas

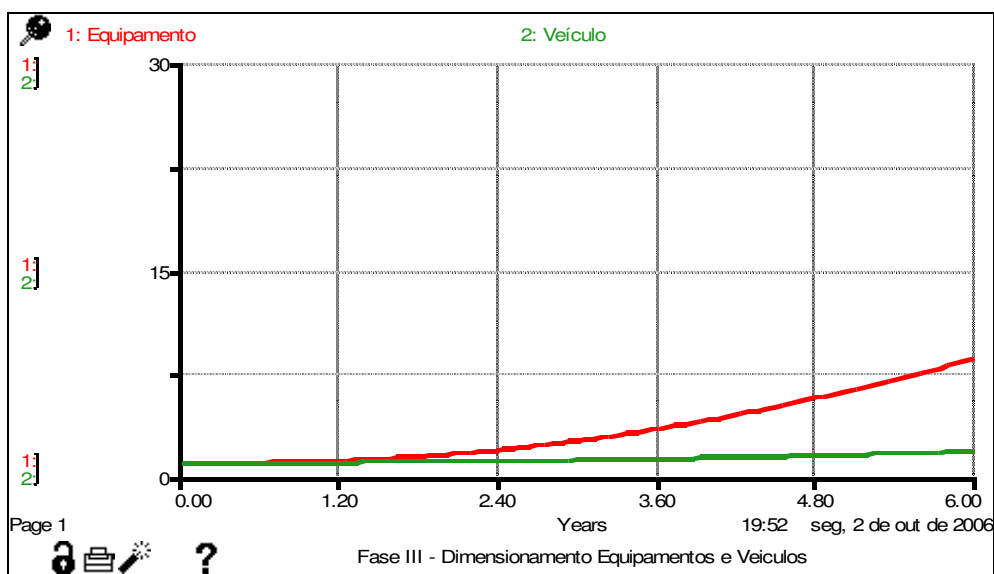


Figura 8.12: Resultados da Modelagem da Dinâmica da Distribuição Urbana de Pequenas Encomendas para o Cenário III – Número Médio Equipamentos, Instalações e Veículos

8.7 RESULTADOS DO ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Dos cenários acima analisados, o cenário II é o que apresenta uma política de difusão menos onerosa e com adesão significativa, sendo este cenário utilizado na avaliação econômica e ambiental. Além disso, o resultado do cenário II apresenta resultados macros para a viabilidade do sistema proposto, sendo considerado nesta fase mais particularidades da localidade onde está sendo analisada a viabilidade de implantação do sistema.

A região metropolitana de Florianópolis é dotada de nove zonas de entregas de encomendas, denominadas de centros de distribuição. Cada um destes centros de distribuição receberá pelo sistema de pontos de entrega uma quantidade média diária de encomendas (Figura 8.13), sendo necessário o número médio de equipamentos e veículos como mostra a Figura 8.14. A escolha do veículo foi baseada nas tendências apresentadas em Novaes (2003) e o modelo utilizado para o dimensionamento da frota e determinação das distâncias nas áreas de entrega foi baseado em Novaes (1989). A memória de cálculo está no anexo III.

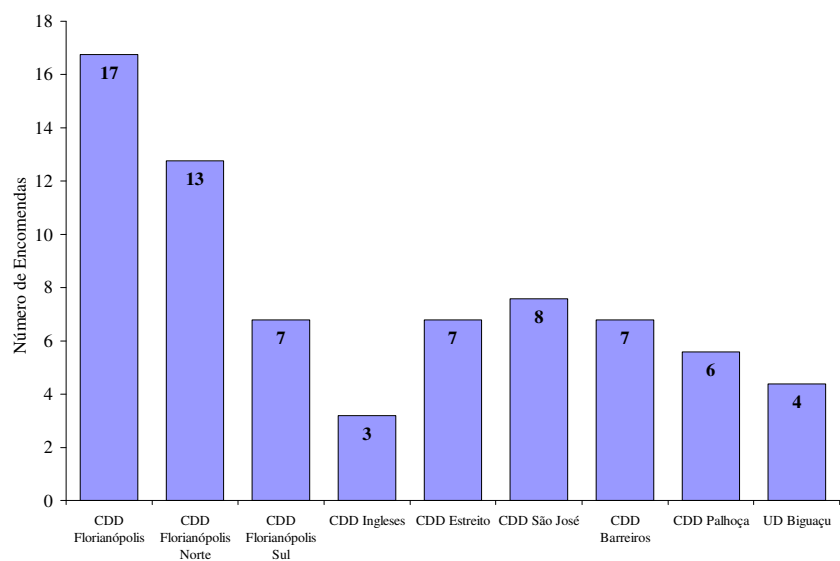


Figura 8.13: Quantidade Média Diária de Encomendas por Zona de Entrega

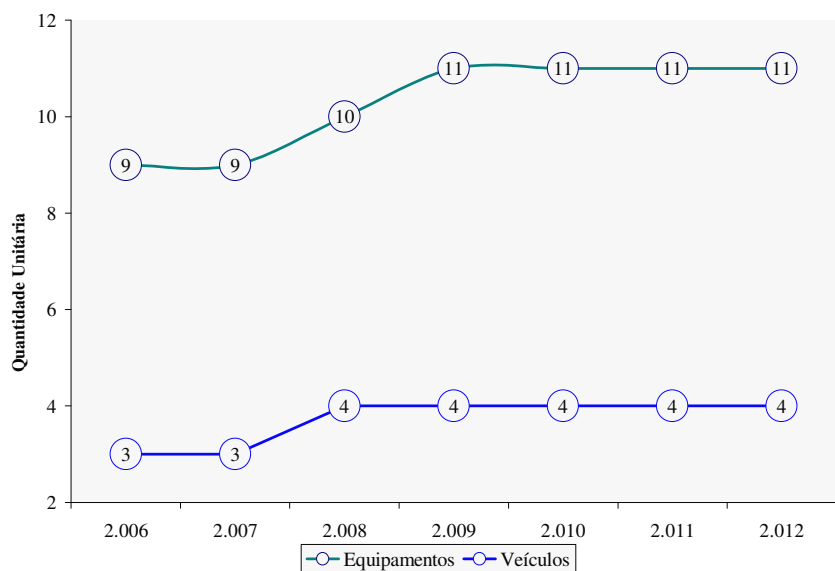


Figura 8.14: Dimensionamento de Equipamentos e Veículos

Considerando o número de equipamentos a serem implantados em cada ano da análise e o número de encomendas do novo sistema, foi possível desenvolver um fluxo de caixa para o mesmo (Quadro 8.3) e determinar que R\$ 1,89 é a tarifa mínima a ser cobrada pela utilização do equipamento para que o sistema seja economicamente viável. A memória de cálculo da análise de investimento está apresentada no Anexo III.

Quadro 8.3: Fluxo de Caixa

ANO	RECEITA BRUTA	INVESTIMENTOS	LUCRO ou PREJUÍZO
2007	R\$ 56.053	R\$ 270.000	R\$ (213.947)
2008	R\$ 48.742	R\$ 30.000	R\$ 18.742
2009	R\$ 63.364	R\$ 30.000	R\$ 33.364
2010	R\$ 70.675	R\$ -	R\$ 70.675
2011	R\$ 77.987	R\$ -	R\$ 77.987
2012	R\$ 85.298	R\$ -	R\$ 85.298
VPL	R\$ 297.819	R\$ 297.819	R\$ (0)

8.8 ESTIMATIVA DO CUSTO MÍNIMO DE DISTRIBUIÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS-SC

A tarifa do sistema de entregas proposto e validado neste trabalho é composta pelo custo de distribuição e pelo custo de utilização do equipamento, estimado no item acima.

O custo de distribuição é o resultado da soma do custo de transferência do produto das suas origens (Rio de Janeiro e São Paulo) até o destino (Florianópolis) e do custo da distribuição do produto no destino (Florianópolis).

O primeiro custo foi determinado a partir das informações dos Correios. O segundo foi estimado considerando a distância média percorrida por dia e um custo médio por quilômetro rodado informado em Lamin (2005), de R\$ 0,11/km rodado. O Quadro 8.4 apresenta os custos de distribuição para cada uma das origens consideradas nesta validação.

Quadro 8.4: Custo de Distribuição (Fonte: Correios, 2006)

	Rio de Janeiro	São Paulo
Custo de Transferência	R\$ 11,50	R\$ 5,50
Custo de Distribuição	R\$ 1,39	R\$ 1,39
TOTAL	R\$ 12,89	R\$ 6,89

Compondo os custos, a tarifa mínima sugerida para o sistema de pontos de entregas pode ser observada no Quadro 8.5. Comparando com o atual sistema de entregas de produtos do comércio eletrônico, e-Sedex, observa-se uma redução média de 32% na tarifa praticada, sem considerar o lucro do sistema.

Quadro 8.5: Tarifa Mínima Sugerida para a Região Metropolitana de Florianópolis-SC

Composição do Custo	Rio de Janeiro	São Paulo
Custo Utilização do Equipamento	R\$ 1,89	R\$ 1,89
Custo Distribuição	R\$ 12,89	R\$ 6,89
TARIFA TOTAL	R\$ 14,79	R\$ 8,79

8.9 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Os valores da tarifa acima apresentados ganham densidade quando se calcula a emissão de poluentes na atmosfera pela redução do número de veículos. Um ganho significativo está relacionado com a velocidade do veículo, pois quando se percorre maiores distâncias sem paradas, a velocidade média do veículo geralmente é mais elevada, reduzindo, desta forma, a emissão de poluentes (Figura 8.15). A memória de cálculo da avaliação ambiental encontra-se no Anexo IV.

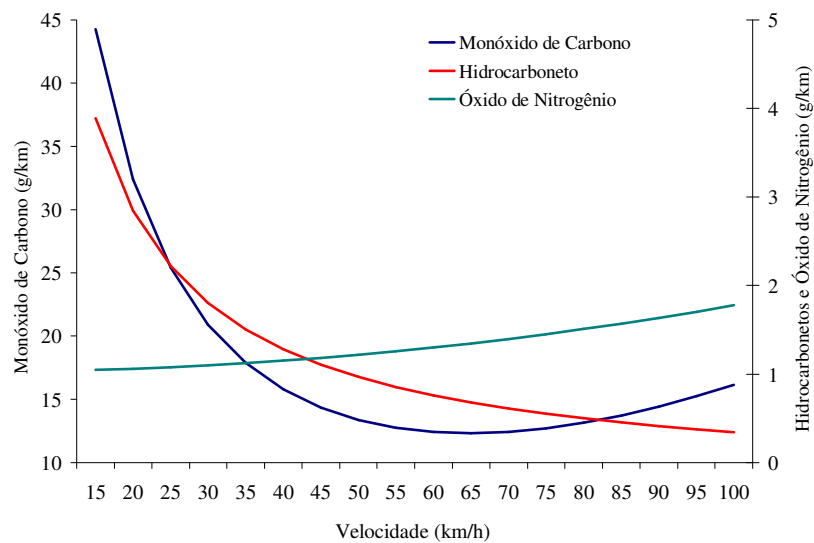


Figura 8.15: Relação entre a Velocidade e a Emissão de Poluentes

Outro importante equacionamento é a emissão média anual de poluentes considerando a distância percorrida (Figura 8.16). A entrega consolidada permite uma redução significativa nas distâncias médias percorridas, reduzindo, conseqüentemente, a emissão de poluentes. Com isto, é possível calcular a deseconomia da poluição (Figura 8.17) onde se percebe como são elevados os custos com a poluição com o atual sistema de distribuição.

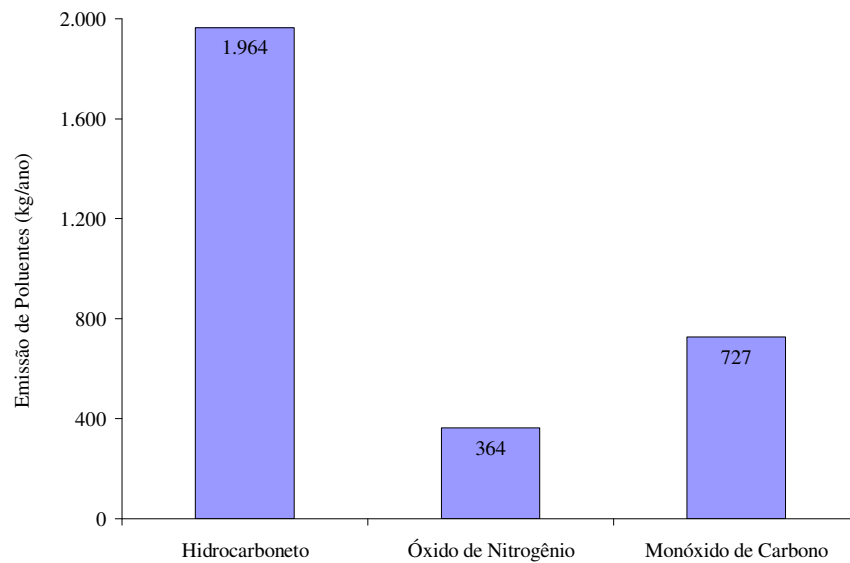


Figura 8.16: Emissão Média Estimada de Poluentes com o Novo Sistema

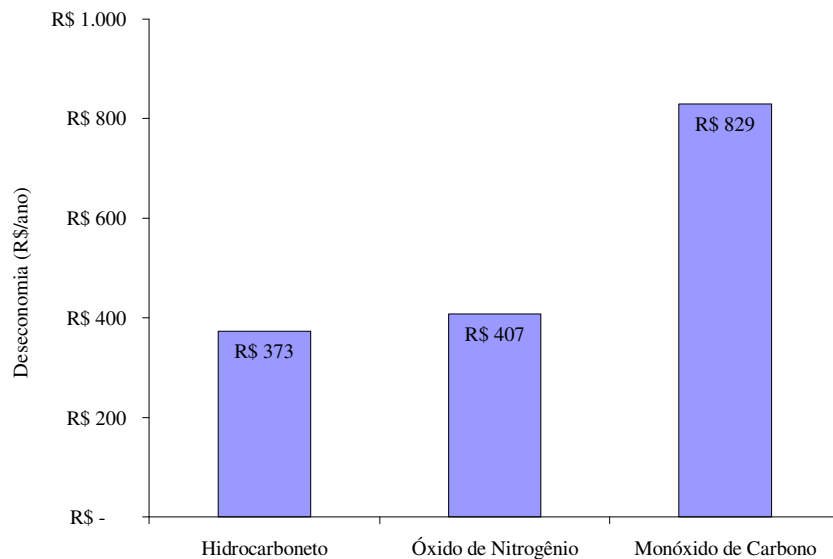


Figura 8.17: Deseconomias Anuais com a Poluição

8.10 CUSTO CLIENTE

O custo cliente é uma importante análise complementar à metodologia apresentada e validada, sendo aquele custo que deixa de ser de responsabilidade do sistema e é repassado para o cliente. Uma das maneiras de quantificar este custo-cliente é com o modelo de custo de viagem (Moons *et al.*, 2000, Bateman *et al.*, 2002), que é utilizado para estimar o valor econômico associado à utilização de um determinado lugar. A premissa básica deste método é que os gastos com tempo e viagem representam o preço de acesso ao lugar, e o que as pessoas se dispõem a pagar para ter este serviço pode ser baseado no número de vezes que elas o utilizam ou na vantagem que elas percebem nesta utilização.

O custo de viagem é composto pelos gastos com combustível e com a utilização do veículo, que inclui custo de manutenção, seguro, etc. Nesta aplicação, considerou-se apenas o custo com combustível, obtido através da multiplicação da distância percorrida pelo custo do combustível (reais/quilômetro).

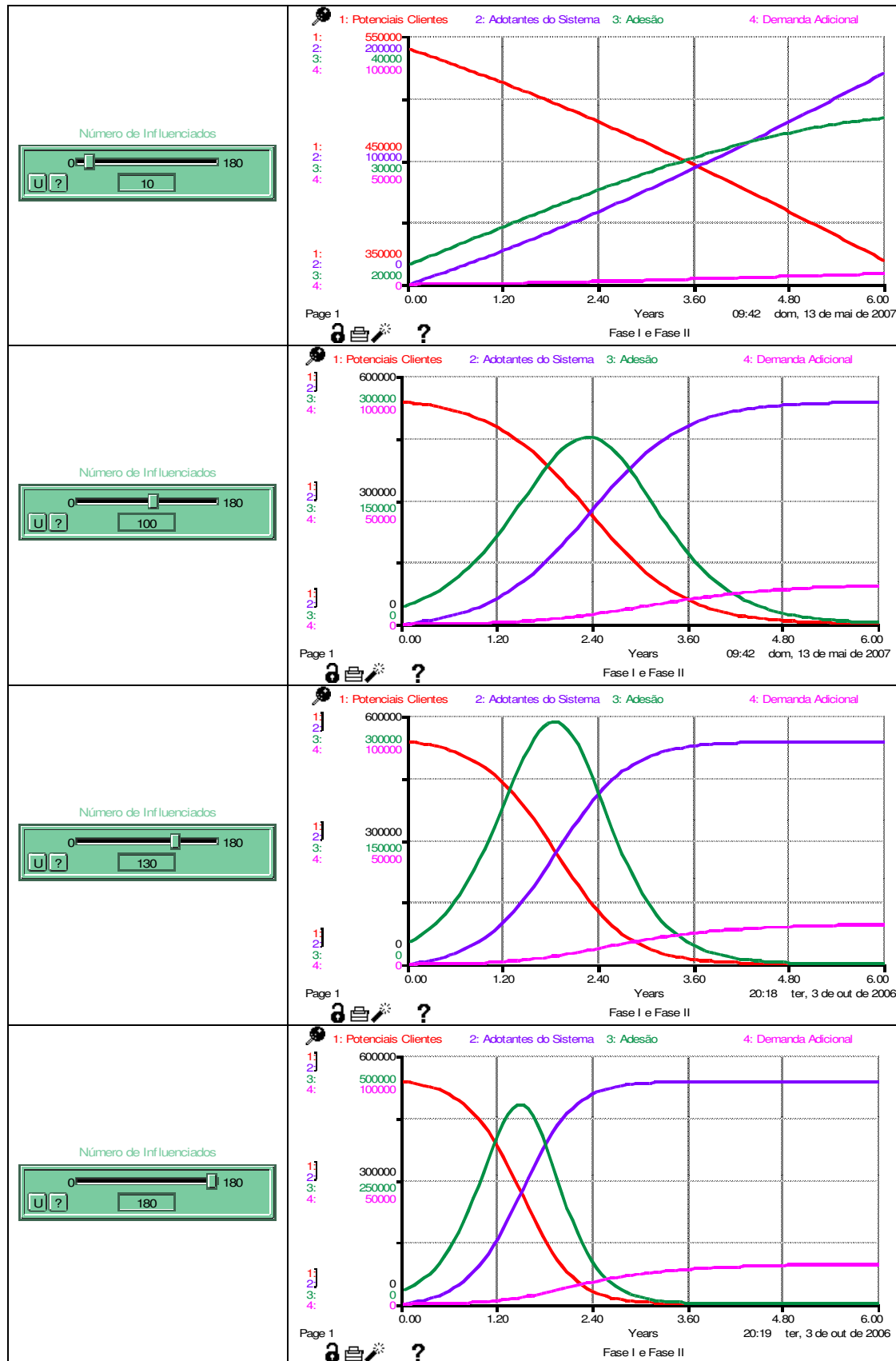
Neste estudo, considerou-se 5 quilômetros a distância máxima a ser percorrida até o ponto de entrega (Dutra, 2004). Logo, o custo cliente associado a esta distância será de R\$ 2,60, representando um adicional para o cliente que optar pela utilização dos pontos de entrega. Além disso, este custo pode ser percebido como nulo caso o cliente esteja em percurso e aproveite a viagem para realizar sua coleta, ou percebido como um benefício quando comparado com a economia nos custos ambientais.

8.11 TESTE DE SENSIBILIDADE DO MODELO PROPOSTO

Buscando analisar a sensibilidade do modelo, alguns testes foram analisados para verificar sua robustez, considerando que os *inputs* do cenário II proporcionam o cenário mais promissor para investimento, sendo este utilizado nestes testes.

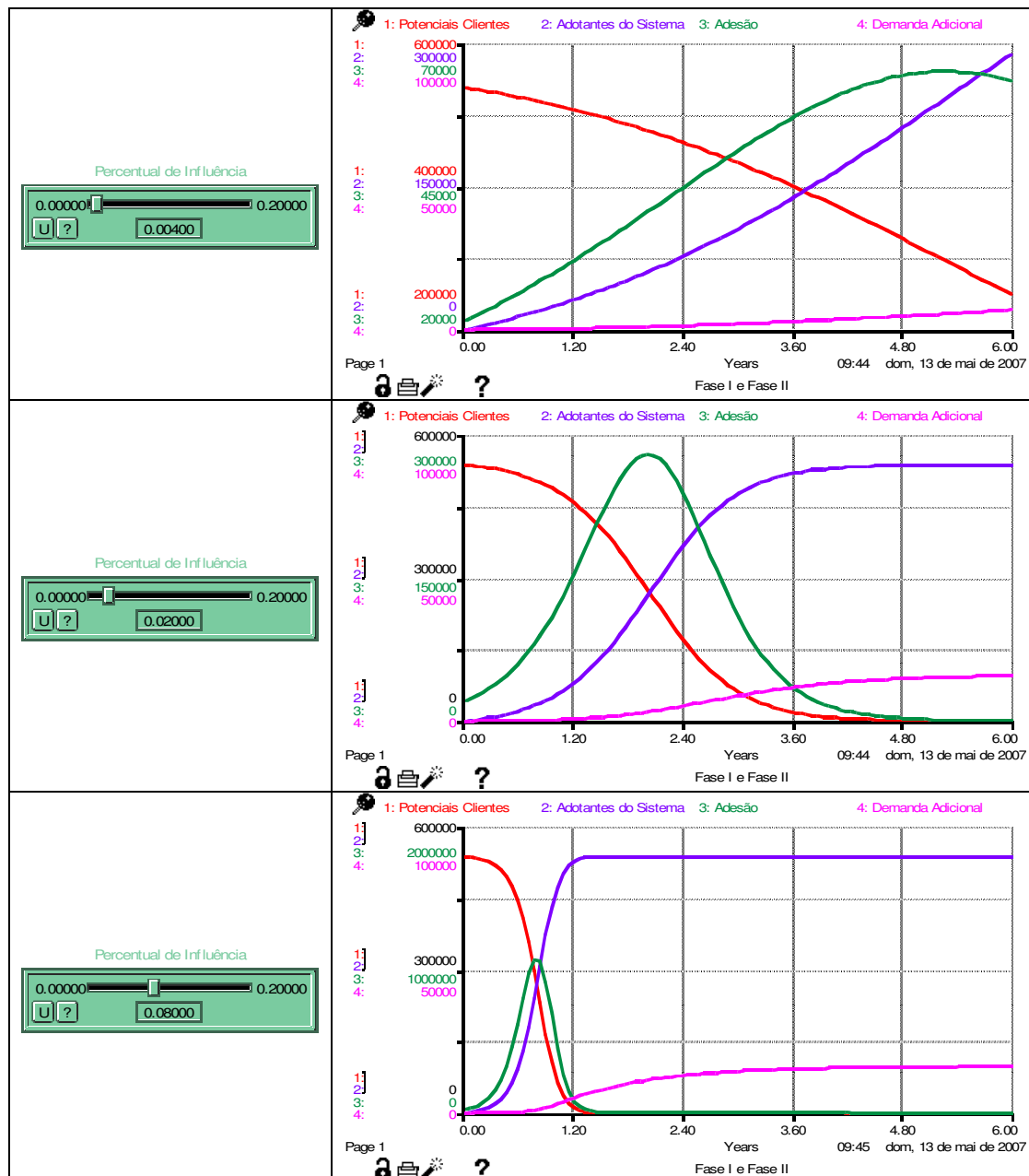
A variável ‘Número de Influenciados’, isto é, o número de pessoas que um indivíduo pode influenciar através da interação pessoal para utilizar o sistema, indica que, quanto menor o número de influenciados, maior será o tempo de adesão ao novo sistema. A sequência de gráficos apresentada no Quadro 8.6 mostra que, com o aumento do número de influenciados, o tempo de adesão se reduz significativamente, indicando que esta variável está fortemente relacionada com o tempo de adesão.

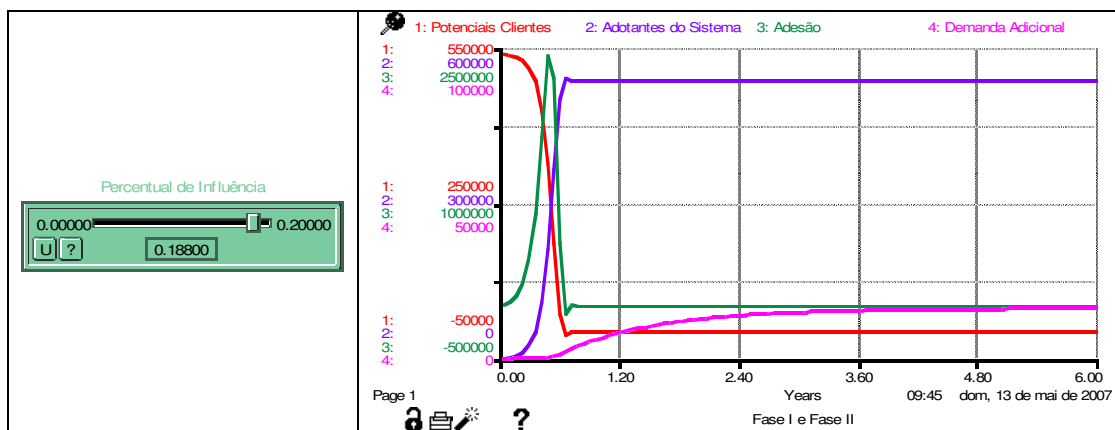
Quadro 8.6: Teste de Sensibilidade da Variável Número de Influenciados



A variável ‘Percentual de Influência’, isto é, o percentual de influência que um adotante ativo exerce um potencial adotante que pode resultar em adoção, indica que, quanto menor o valor desta variável, maior será o tempo de adesão ao novo sistema. A seqüência de gráficos apresentada no Quadro 8.7 mostra que o aumento do percentual de influência, implica na aceleração da taxa de adesão.

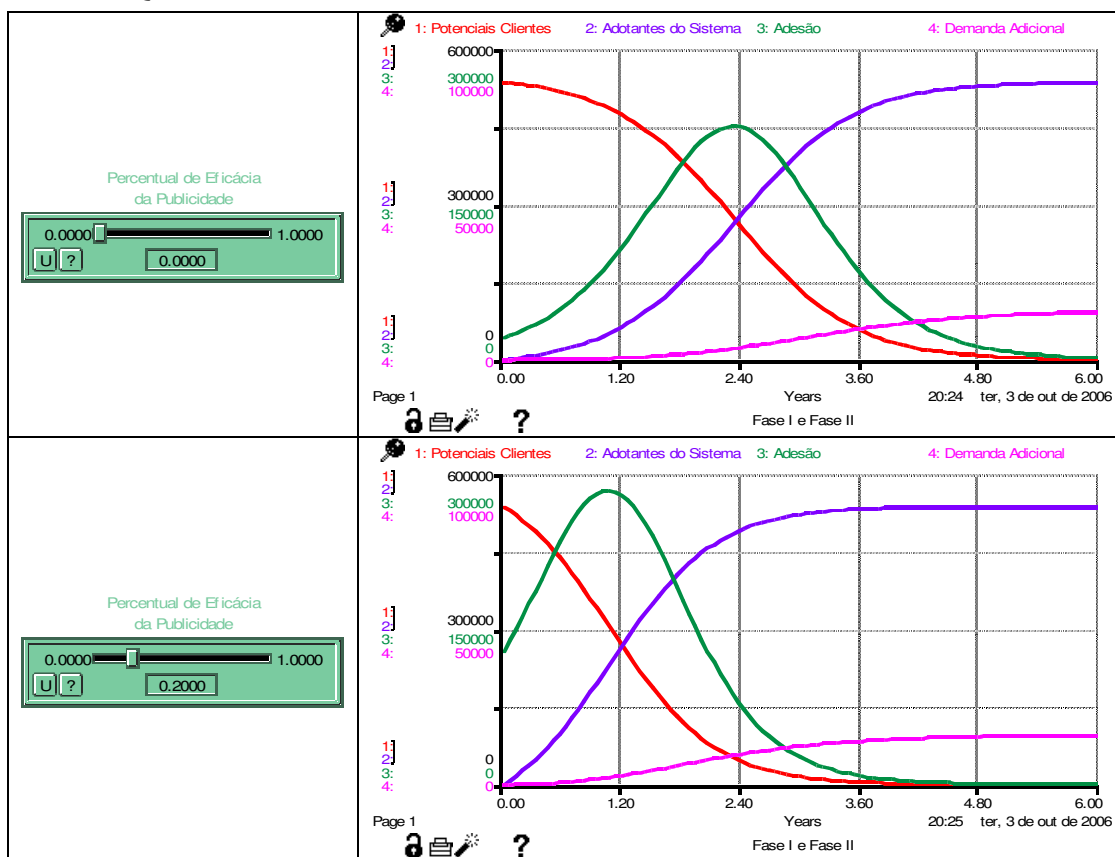
Quadro 8.7: Teste de Sensibilidade da Variável Fração de Contato

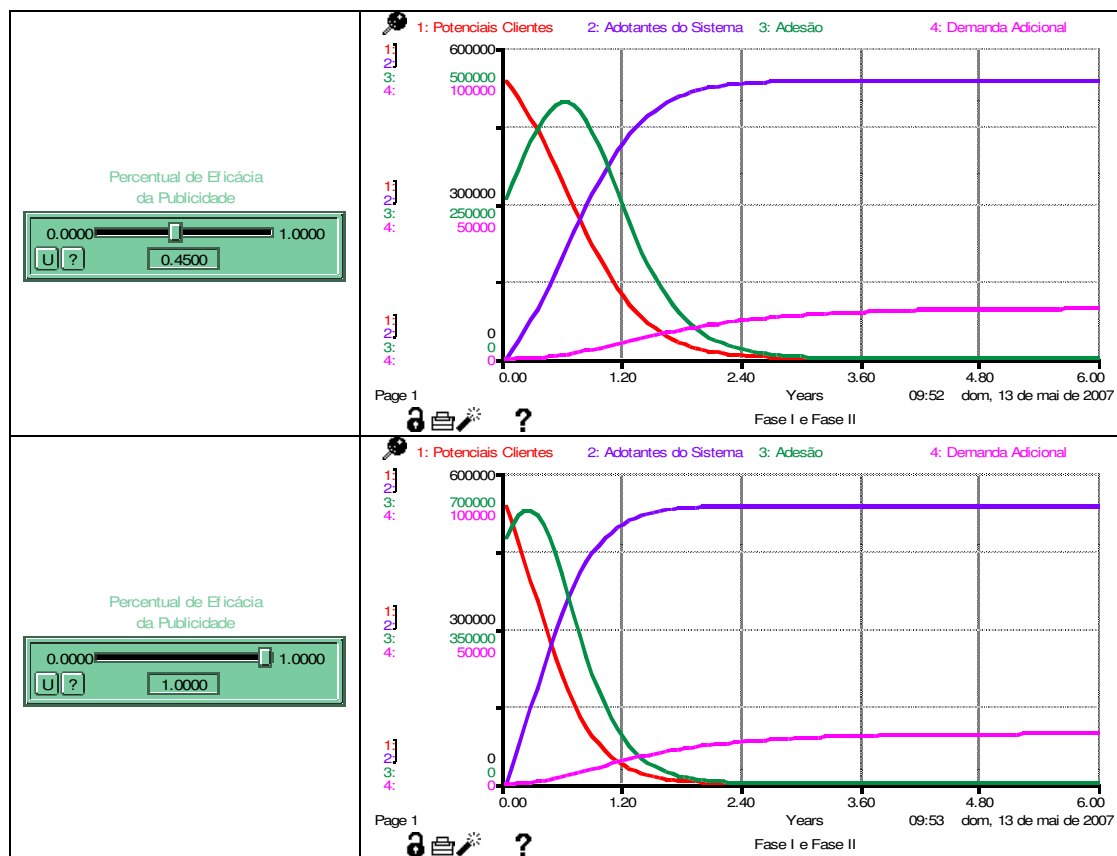




A variável ‘Percentual da Eficácia da Publicidade’, isto é, publicidade resulta em adoção de acordo com o percentual de eficácia da mesma e indica que, quanto maior for este percentual, menor será o tempo de adesão ao novo sistema. A sequência de gráficos apresentada no Quadro 8.8 evidencia que o tempo de adesão reduz significativamente para altos percentuais aplicados nesta variável.

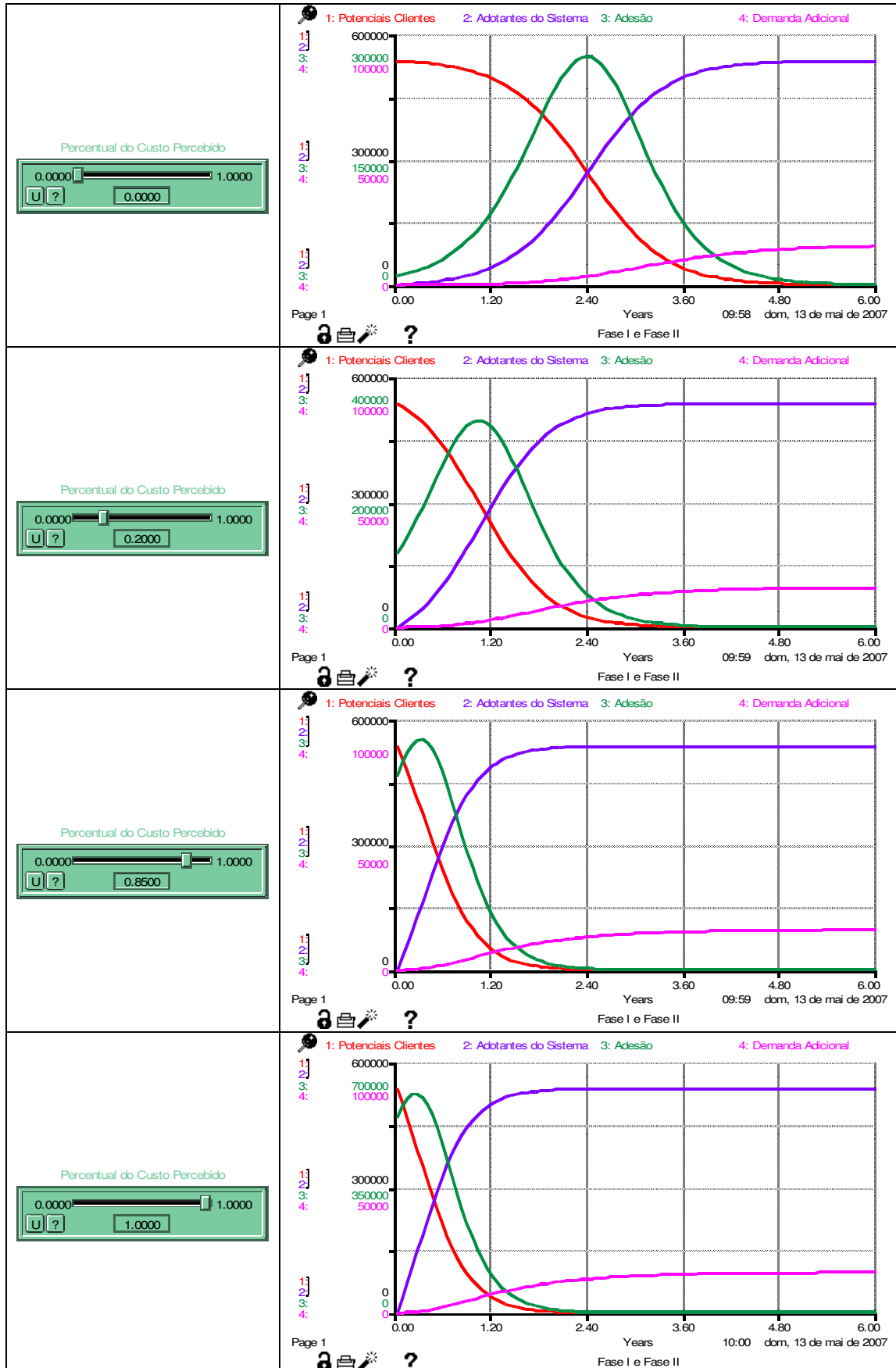
Quadro 8.8: Teste de Sensibilidade da Variável Percentual da Eficácia da Publicidade





A variável 'Percentual do Custo Percebido', isto é, percentual percebido como vantagem econômica do custo do serviço oferecido, indica que, quanto menor este percentual, maior será o tempo de adesão ao novo sistema, como é mostrado pela sequência de gráficos apresentada no Quadro 8.9.

Quadro 8.9: Teste de Sensibilidade da Variável Custo Percebido



9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

"Quando a gente acha que tem todas as respostas, vem a vida e muda todas as perguntas." (Autor Desconhecido)

9.1 CONCLUSÕES

Cumprindo com o objetivo proposto, este trabalho desenvolveu uma metodologia para avaliar os impactos da implantação de um novo sistema de distribuição de encomendas provenientes do comércio eletrônico, a fim de amenizar os problemas da distribuição urbana, principalmente, das entregas domiciliares. O novo sistema de entrega apresentado neste trabalho, através dos pontos de entrega inteligente, baseou-se no conceito de *city logistics*, que busca reduzir as deseconomias, tornando o sistema mais eficiente.

Além disso, os objetivos específicos também foram alcançados, onde através de revisão bibliográfica se analisou a atual tendência do sistema de distribuição urbana, o conceito de *city logistics*, o crescente aumento do comércio eletrônico e soluções para o problema da última milha na *city logistics*. Desta forma, foi possível compreender o problema e desenvolver um modelo bem representativo.

Também se modelou o processo de difusão da inovação para a implantação de novas tecnologias considerando o conceito de *city logistics*, sendo analisado a adesão do novo sistema e desenvolveu-se o modelo através da metodologia dinâmica de sistemas para análise a distribuição urbana de pequenas encomendas. Este último permite dimensionar preliminarmente a quantidade de equipamentos e veículos para o novo sistema, sendo uma interessante ferramenta para a fase de planejamento do novo sistema.

A modelagem proposta foi validada com uma aplicação para a região metropolitana de Florianópolis-SC, onde se observou viabilidade para a implantação dos pontos de entrega nesta região, através do estudo de adesão de clientes e viabilidade econômica, e a robustez do modelo através da análise de sensibilidade.

A modelagem proposta neste trabalho tem importante contribuição científica, por constituir-se de uma ferramenta de planejamento para avaliação de vantagens e desvantagens da implantação de um novo serviço logístico para reduzir as entregas domiciliares e, conseqüentemente, os impactos destas entregas. Além desta inovação,

outra relevante contribuição é a modelagem do processo de difusão da inovação, voltado para uma inovação tecnológica contemplando serviços logísticos.

A aplicação à realidade brasileira se torna importante dado o reduzido número de pesquisas nesta área. Além disso, a modelagem e a aplicação estão voltadas para um setor em expansão no Brasil, o comércio eletrônico, que tem sido uma das causas do aumento das entregas domiciliares. Assim sendo, medidas paliativas para distribuir estes produtos, reduzindo os atuais níveis de congestionamentos apresentados nas principais cidades brasileiras, são de fundamental importância para alcançar a sustentabilidade da distribuição urbana.

Em relação aos dados aplicados à modelagem, pela natureza diferenciada do serviço proposto, os resultados apontam uma diretriz de planejamento, sendo necessário, para melhores resultados, aprofundamento e detalhamento das informações, principalmente de demanda.

Além disso, observou-se, no Brasil, pouca literatura atualizada que analise a emissão de poluentes e a monetarização da poluição ocasionada pela distribuição urbana. Mesmo assim, os valores apresentados são importantes para a percepção da magnitude e da deseconomia ocasionada pela emissão destes poluentes no meio ambiente.

9.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho consiste em uma avaliação qualitativa da viabilidade de implantação dos pontos de entrega inteligentes, sistema este inexistente. Por esta razão, foi necessária a utilização de premissas para a validação da metodologia, apresentadas no capítulo 8, sendo um aspecto limitador do trabalho apresentado.

9.3 RECOMENDAÇÕES

Neste estudo, várias premissas foram assumidas e, no desenvolvimento da validação, várias melhorias foram percebidas como interessantes, sendo recomendadas para futuras pesquisas:

- Avaliação dos impactos ambientais gerados pelo fator congestionamento, estimando custos marginais do atraso e determinando o equilíbrio entre os custos de distribuição e o congestionamento. A teoria de filas e simulação podem ser ferramentas interessantes para estas análises;

- Avaliação dos custos gerados pela emissão de poluentes no meio ambiente;
- Definição de indicador de percentual de clientes que aproveitariam a viagem de coleta dos produtos dos pontos de entrega para outras finalidades e também, análise do modal utilizado para a coleta das encomendas;
- Diagnóstico do custo-benefício dos pontos de entrega, que permitiria quantificar as premissas básicas assumidas para o desenvolvimento da validação do modelo, além de analisar os reais impactos da localização dos pontos de entrega no sistema como um todo e quantificar os benefícios econômicos e ambientais percebidos pela sociedade. Sugere-se a utilização de pesquisa de preferência declarada e preferência revelada para a análise;
- Investigação dos principais fatores que influenciam a adesão pelo novo sistema através de pesquisa de preferência declarada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albin, S. (1996). *Generic Structures: First-Order Negative Feedback*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Albin, S. (1997) *Building a System Dynamics Model Part 1: Conceptualization*. MIT System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Albin, S.; Choudhari, M. (1996) *Generic Structures: First-Order Positive Feedback*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Allen, J.; Anderson, S.; Browne, M.; Jones, P. (2000) *A framework for considering policies to encourage sustainable urban freight traffic and goods/services flows*. Transport Studies Group, University of Westminster, London, England. 4 volumes. Disponível em: <http://www.wmin.ac.uk/transport>. Acesso em 28 jun 2005.
- Allen, J.; Tanner, G.; Browne, M.; Anderson, S.; Chritodoulou, G.; Jones, P. (2003) *Modelling policy measures and company initiatives for sustainable urban distribution*. Transport Studies Group, University of Westminster, London, England. Disponível em: <http://www.wmin.ac.uk/transport>. Acesso em 28 jun 2005.
- Baita, F.; Daganzo, C.; Ukovich, W. (1997) *The Design of a New Freight Distribution System in Venice*. IFORS: Conference on Information Systems in Logistics and Transportation, Gothenburg, Sweden.
- Bass, F.M. (1969) A new product growth for model consumer durables. *Management Science*, v. 15, n. 5, 215-227
- Bass, F.M.; Krishnan, Trichy V.; Jain, Dipak C. (1994) Why the Bass Model fits without decision variables. *Marketing Science*, v.13, n.3, 203-223
- Bastos, B. G. (2006) *Manual de Análise Empresarial de Projetos de Investimentos*. Petrobras.
- Bateman, I.J.; Carson, R.T.; Day, B.; Hanemann, M.; Hanley, N.; Hett, T.; Lee, M.J.; Loomes, G.; Mourato, S.; Ozdemiroglu, E.; Obe, D.W.P.; Sugden, R.; Swason, J. (2002) *Economic Valuation with Stated Preference Techniques: A manual*. Department for Transport. Edward Elgar. 458 p.
- Baybars, M. Browne, M. (2003). *Developments in Urban Distribution in London*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.
- Boerkamps, J.; Binsbergen, A.V (1999) *GoodTrip – A New Approach for Modelling and Evaluation of Urban Goods Distribution*. Traffic and Road Department of Technology and Society LTH. Urban Transport System. 2nd KFB – Research Conference. Lund, Sweden, 7-8 june, 1999. Disponível em: www.tft.lth.se/kfbkonf/theme3.htm. Acesso em 05 jul 2005.
- Browne, M. (2003) *Analyzing the potential impacts of sustainable distribution measures in UK Urban Areas*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.
- Browne, M.; Allen, J. (1997) *Strategies to reduce the use of energy by road freight transport in cities*. In: PTRC 25th European Transport Forum, proceedings of seminar B: Freight

Browne, M.; Allen, J.; Anderson, S.; Jackson, M. (2001) *Overview of Home Deliveries in the UK (A study for DTI)*. Freight Transport Association. University of Westminster. Disponível em: <http://wmin.ac.uk/transport/> Acesso em 17 de jul 2005.

Câmara, S. B. (2004) *Sistemas y tecnologías de la información: Cuestiones de investigación*. Curso de Doutorado. Universidade Autónoma de Asunción. Universidade de Jaén. Disponível em: www.ujaen.es/dep/admemp/profes/sbruque/archivos/asuncion-tema1.PDF. Acesso em 17 julho 2005.

Carvalho, J.A.; Sales Filho, L. H.; Gonçalves, A.F.M. (2000) *Uma Contribuição ao Planejamento de Transporte de Cargas em Áreas Urbanas*. XI Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte. Gramado, 19-23 de novembro 2000.

CETESB (1994) *Relatório das Condições Ambientais em São Paulo*. São Paulo.

Chatterjee, R.; Eliashberg, J. (1990) The innovation diffusion process in a heterogeneous population: a micro modeling approach. *Management Science*, v.36, n.9, 1057-1079

Chwelos, P. Benbasat, I.; Dexter, A. S. (2000) *Empirical Test of an EDI Adoption Model*. Research Report. Disponível em <http://ebusiness.commerce.ubc.ca/internal/UBCBEBR2000-003.pdf> Acesso em 28 nov 2006

Correios (2005) *e-Sedex*. Site Institucional. Disponível em: <http://www.correios.com.br/encomendas/servicos/sedex/eSedex.cfm> Acesso em 30 jul 2005.

Costa, A.; Melo, S. (2003) *Complementarities between goods distribution and public transport in urban areas. The case of a commercial store in Porto*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.

Coyle, G. (1998) The practice of systems dynamics: milestones, lessons and ideas from 30 years experience. *System Dynamics Review*, v. 4, n. 4, p. 343-365.

Crainic, T.G.; Ricciardi, N.; Storchi, G. (2004) Advanced Freight Transportation Systems for Congested Urban Areas. *Transportation Research Part C*, v.12, p.119-137

Czerniak, R.J.; Lahsene, J.S.; Chatterjee, A. (2000) *Urban Freight Movement – What Form Will It Take?* A1B07: Committee on Urban Goods Movement, Chair: Janice S. Lahsene. Transportation Research Board. Disponível em: www.gulliver.trb.org/publications. Acesso em 28 jun 2005.

Dablanc, L. (1997) *Entre Policie et Service: L'Action Public sur le Transport de Merchandises en Ville: Le cas des métropoles de Paris et New York*. Tese de Doutorado. Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés. Doctorat de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Spécialité: Transport. TH 97 571. Thèse soutene le 24 mars 1997 à Marne-la-Vallée.

Delfmann, W. (1999) *City Logistics: Innovative Concepts for the Consolidation of Urban Goods Flows*. Department of Business Planning and Logistics. University of Köln. Seminar für Planing & Logistik. Disponível em: <http://www.spl.uni-koeln.de/fileadmin/documents/static/presentationen/city-log.pdf> Acesso em: 17 jul 2005

- DHL (2006). *Site Institucional*. Disponível em <http://www.dhl.com.br> Acesso em 20 nov 2006.
- Dornier, P. P. (1998) *Global Operations and Logistics – Text and Cases*. John Wiley & Sons Inc.
- Dutra, N. G. S. (2004) *O Enfoque de “City Logistics” na Distribuição Urbana de Encomendas*. Tese de Doutorado. PPGE – UFSC. Florianópolis.
- Everdingen, Y. M.; Aghina, W. B (2003) *Forecasting the international diffusion of innovations: An adaptive estimation approach*. Erim Report Series Research in Management. Disponível em <http://hdl.handle.net/1765/1093>. Acesso em 28 nov 2006.
- Fernandes, A. (2003) *Scorecard Dinâmico: em direção à integração da dinâmica de sistemas com o balanço scorecard*. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Produção - UFRJ. Rio de Janeiro
- Figueiredo, L. A (2005) *A Indústria de Prestação de Serviços Logísticos e o Modelo de Negócios ASP: Perspectivas e Tendências no Mercado Brasileiro*. Tese de Doutorado. PPGE – UFSC. Florianópolis.
- Fonseca, C. H. F.; Cunha, C. B. (2004) *Alocação de Atendimentos de Coleta no Transporte de Remessas Expressas em Grandes Centros Urbanos*. In.: XVIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes. Florianópolis – SC.
- Forrester, J. (1961) *Industrial Dynamics*. Waltham, MA, Pergasus Communications.
- Forrester, J.W. (1994) *System Dynamics, Systems Thinking, and Soft OR*. *System Dynamics Review*, MIT, Cambridge. v.10, n.2.
- Fusco, G.; Tatarelli, L.; Valentini, M.P. (2003) *Last-Mile, a Procedure to Set-up an Optimized Delivery Scheme*. The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.
- Gagnani, S.; Valenti, G.; Valentini, M.P. (2003) *City Logistics in Italy: a National Project*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003,
- Han, S. (2002) *A Framework for Understanding Adoption and Diffusion Processes for Mobile Commerce Products and Services and its Potential Implications for Planning Industry Foresight*. Disponível em <http://www.tucs.fi/research/publications/insight.php?id=pHa02a&table=inproceeding> Acesso em 28 nov 2006.
- Harabi, N. (2001) *Introduction and Diffusion of Electronic Commerce. What is Switzerland’s position in an international comparison? Results of an empirical study*. Solothurn University of Applied Sciences Northwester Switzerland, Series A: Discussion Paper 2001-2. Disponível em <http://www.fhso.ch/pdf/publikationen/dp01-02.pdf>. Acesso em 28 nov 2006.
- Hesse, M. (1995) *Urban Space and Logistics: on the road to sustainability?* *World Transport Policy & Practice*, v.1, n.4, p. 39-45.
- Higa, K.; Hu, P.J.H.; Sheng, O.L.R.; Au, G. (1997) *Organizational Adoption and Diffusion of Technological Innovation: A Comparative Case Study on Telemedicine in Hong Kong*. Proceedings of the 30th Hawaii International Conference on System Science (HICSS-30), Jan. 7-10, 1997, pp. 146 - 155.

Holguín-Veras, J. (2003a) *Urban Goods Movements: Critical issues, emerging technologies and the State of the Art of Modeling*. Mini-curso In: XVII ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em transporte. Rio de Janeiro, 11-13 nov 2003.

Holguín-Veras, J. (2003b) *On the Maximum Efficiency of the Trucking Industry: the Challenge and Possibilities of Reducing Empty Trips*. In: City Logistics III (E. Taniguchi, R. Thompson, Eds.) Pergamon.

Huschebeck, M. (2001) *Best Urban Freight Solution: Recommendation for Further Activities (I)*. União Européia (Programa de Desenvolvimento Sustentável e Competitivo)

Huschebeck, M.; Allen, J. (2005) *Urban Consolidation Centres, Last Mile Solutions*. BESTUFS Policy and Research Recommendations I. Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006) Disponível em [http://www.bestufs.net/download/key issuesII/BESTUFS Recommendations.pdf](http://www.bestufs.net/download/key%20issuesII/BESTUFS%20Recommendations.pdf) Acesso em 28 nov 2006.

IBAMA (2006) *PROCONVE: Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores e Motocicletas*. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/proconve/login.php>. Acesso em 11/08/2006.

IBGE (2000) *Censo Demográfico*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2000.

International Air Express Distribution Report (1993), Cranfield University, School of Management, 49p.

Kawamura, K.; Bhatta, S. D.; Seetharaman, A. (2003) *Assessment of Relationship Between Vehicle Type Mix and Benefit of Freight Projects*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.

Kohler, U. (2003) *New Ideas for the City Logistic: Project in Kassel*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira-Portugal. 25-27 jun 2003, Disponível em: <http://icl.kiban.kuciv.kyoto-u.ac.jp/MadeiraPresentation/Koehler.pdf> Acesso em 17 jul 2005

Krishnan, T. V.; Bass, F. M.; Jain, D. C. (1999) Optimal pricing strategy for new products. *Management Science*, v.45, n.12, 1650-1663

Kunze, O. (2003) *A New Interactive Approach on Route Planning with Tigh Delivery Time Windows*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003

Lamin, J.A.S (2005) *Distribuição Física de Produtos na Região Metropolitana Florianópolis*. Dissertação de Mestrado, PPGEF – UFSC. Florianópolis. Disponível em: <http://150.162.90.250/teses/PEPS4548.pdf> Acesso em 16 set 2006.

Laseter, T.M.; Shapiro, R.D. (2003) *eShip-4U*. Harvard Business School. 9-603-076. 7 Janeiro, 2003.

Laseter, T.M.; Torres, D.; Chung, A. (2003) *Oásis in the Dot-Com Delivery Desert*. Press Releases. *Operating Strategies*. Reprint n°01303. Disponível em <http://www.strategy-business.com/press/article/19877?gko=20f70-1876-19877&tid=230&pg=all> Acesso em 30 julho 2005.

- Lipsman, A. (2006) *694 Milion People Currently Use the Internet Worldwide According To comScore Networks*. Disponível em <http://www.comscore.com/press/release.asp?press=849> Acesso em 10 mai 2006.
- Mahajan, V.; Muller, E.; Bass, F. M. (1995) Diffusion of new products: empirical generalizations and managerial uses. *Marketing Science*, v.14, n.3, p. G79-G88
- Moons, E.; Loomis, J.; Proost, S.; Eggermont, K.; Hermy, M. (2001) *Travel cost and time measurement in travel cost models*. Working Paper Series n. 2001-22. Energy, Transport and Environment. Disponível em: <http://www.kuleuven.ac.be/ete> Acesso em 18 set 2006
- Munuzuri, J.; Larraneta, J.; Onieva, L.; Cortés, P. (2005) Solutions applicable by local administrations for urban logistics improvement. *Cities*, v. 22, n.1, p. 15-28.
- Nemoto, T.; Visser, J.; Yoshimoto, R. (2001) *Impacts of Information and Communication Technology on Urban Logistics System*. OECD/ECMT Joint Seminar, 5-6 june 2001, Paris.
- Niu, S.C. (2002). A stochastic formulation of the Bass model of new-product diffusion. *Review of Marketing Science*, Working Papers, v.1, n.4, working paper 1, p. 1-25.
- Norton, J. A.; Bass, F. M. (1987) A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products. *Management Science*, v. 33, n. 9, p. 1069-1086
- Novaes, A. G. (2004) *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação*. Rio de Janeiro. Editora Campus.
- Novaes, A.G. (2003) *Veículos leves para Deslocamento de Mercadorias no Meio Urbano: Evolução e Tendências*. Palestra ministrada no workshop “Tendências da Distribuição em Rotas Urbanas”, Fiat, Minas Gerais
- Novaes, A.G. (1989). *Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos*. São Paulo, Edgard Blücher.
- Ogden, K.W. (1992) *Urban Goods Movement: A Guide to Policy and Planning*. Editora Ashgate, Inglaterra.
- Patier, D.; Alligier, L. (2003) *On-line retailing in France current and future effects on city logistics*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.
- Peterson, S.; Richmond, B. (2000) *An Introduction to Systems Thinking*. High Performance Systems, Hanover.
- Petri G.; Nielsen G. B. (2006) *Forum for city logistik*. Disponível em <http://www2.city-logistik.dk/> Acesso em 26 nov 2006.
- PORTAL (2003) *Inner Urban Freight Transport and City Logistics*. Disponível em: www.eu-portal.net. Acesso em 28 jun 2005.
- Punakivi, M. (2003) *Comparing alternative home delivery models for e-grocery business*. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. Helsinki University of Technology, Department of Industrial Engineering and Management. Finland

- Quispel, M. (2002) *Active partnerships: the key to sustainable urban freight transport*. ECOMM 2002 - European Conference on Mobility Management. 15-17 may 2002, Gent.
- Ricci, A. (2001a) *Real Cost Reduction of Door-to-Door Intermodal Transport*. 6th BESTUFS Workshop. Genova, 8-9 nov 2001.
- Ricci, A. (2001b) *Unification of Accounts and Marginal Costs for Transport Efficiency*. 6th BESTUFS Workshop. Genova, 8-9 nov 2001.
- Ricciardi, N.; Crainic, T.G.; Storchi, G. (2003) *Planning Models for City Logistics Operations*. Dipartimento di Statistica Probabilità e Statistiche Applicate. Disponível em: <http://www.unipa.it/Odysseus/Odysseus2003> [file/odysseus-main](#) [file/pdf/RicciardiCrainicStorchi.pdf](#) Acesso em 17 jul 2005.
- Richardson, B. C. (2005) Sustainable Transport: Analysis Frameworks. *Journal of Transport Geography*, v.13, p.29-39.
- Rogers, E. M. (1995) *Diffusion of Innovations*. Free Press, 4 ed., 519 p.
- Rogers, Everett M. (1976) New product adoption and diffusion. *Journal of Consumer Research*, v.2, p. 290-301
- Rowe, D. (2001) *The Proposed Central London Congestion Charging Scheme and Freight*. 6th BESTUFS Workshop. Genova, 8-9 nov 2001.
- Ruesch, M. (2003) *Urban rail and intermodal freight strategies in the Zurich Area: A case study from Switzerland*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.
- Russo, F.; Comi, A. (2002) *Urban Freight Movement: A quantity attraction model*. In: Urban Transport VIII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century. (L. J. Suchrov, C.A Brebbia, F. Benitez, eds) WIT Press, Southampton, UK.
- Russo, F.; Comi, A. (2004) *A State of the Art on Urban Freight Distribution at European Scale*. ECOMM 2004 - European Conference on Mobility Management. 5-7 may 2004, Lyon.
- Sondage (2000) Disponível em: www.e-logisticien.com. Acesso em 30 jul 2005.
- Sterman, J.D. (1989) Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment. *Management Science*, v. 35, n. 3, p. 321-339.
- Sterman, J.D. (2000) *Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Boston, Massachusetts, McGraw-Hill
- Sterman, J.D. (2001) System Dynamics Modeling: Tolls for learning in a complex world. *California Management Review*, v.43, n.4, p.8-25.
- Stoneman, P.; Swon, M.J. (1994) The Diffusion of Multiple Process Technologies. *The Economic Journal*, v.104, n. 423, p. 420-431.
- Stoneman, P.; Swon, M.J. (1996) Technology Adoption and Firm Profitability. *The Economic Journal*, v.106, p. 952-962.
- Sundqvist, S.; Frank, L.; Puumalainen, K. (2005) The effects of country characteristics, cultural similarity and adoption timing on the diffusion of wireless communications. *Journal of Business Research*, v. 58, p. 107– 110

- Taga, Y.; Isii, K. (1959) *On a Stochastic Model Concerning the Pattern of Communication – Diffusion of News in a Social group*. Annals of The Institute of Statistical Mathematics. 11. 25-43.
- Taniguchi, E. (2003) *Introduction*. IN: Innovations in Freight Transport (E. Taniguchi and R.G. Thompson, eds.) WIT Press, Boston.
- Taniguchi, E.; Thompson, R.G.; Yamada, T. (2003) *Visions for City Logistics*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.
- Taniguchi, E.; Thompson, R.G.; Yamada, T.; Duin, R.V. (2001) *City Logistics: Network Modeling and Intelligent Transport Systems*. Pergamon.
- Thompson, R.G (2003a) *Intelligent Transport Systems – Core Technologies* In: Innovations in Freight Transport (E. Taniguchi and R.G. Thompson, eds.) WIT Press, Boston.
- Thompson, R.G (2003b) *Intelligent Transport Systems – Recent Applications* In: Innovations in Freight Transport (E. Taniguchi and R.G. Thompson, eds.) WIT Press, Boston.
- Thompson, R.G. (2003c) *Future Perspectives*. In: Innovations in Freight Transport (E. Taniguchi and R.G. Thompson, eds.) WIT Press, Boston.
- Thorson, E.; Holguín-Veras, J.; Mitchell, J. (2004) *An Approach for solving the Integrative Freight Market Simulation*. XIII Pan-American Conference , 26-29 sep 2004, Albany.
- Transport for London (2006) *Site Institucional*. Disponível em <http://www.cclondon.com/> Acesso em 26 nov 2006.
- Total Express (2006). *Site Institucional*. Disponível em www.totalexpress.com.br Acesso em 20 nov 2006.
- TNT (2006). *Site Institucional*. Disponível em www.tnt.com.br Acesso em 20 nov 2006.
- Vasconcelos, E. A.; Lima, I. M. O. (1998) *Redução das Deseconomias Urbanas pela Melhoria do Transporte Público*. IPEA/ANTP. Brasília. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_586.pdf Acesso em 05 de ago de 2006.
- Villela, P. R. C (2002) *Curso de Dinâmica de Sistemas (System Dynamics)*. Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em www.agrosoft.com.br . Acesso em 12 jan 2007.
- Visser, J.; Binsbergen, A.V.; Nemoto, T. (1999) *Urban Freight Transport Policy and Planning*. First International Symposium on City Logistics. Cairns, Australia, Jul 1999.
- Visser, J.G.S.N.; Nemoto, T. (2003) *E-Commerce and the Consequences for Freight Transport*. IN: Innovations in Freight Transport (E. Taniguchi and R.G. Thomspon, eds.) WIT Press, Boston.
- Whelan, J.G. (1994a) *Modeling exercises section 1*. MIT, System Dynamics in Education Project, Cambridge.
- Zhu, H. (1991) *Beginner Modeling Exercises: Section 3 - Mental Simulation of Simple Negative Feedback*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.

BIBLIOGRAFIA

- Agatstein, K.; Breierova, L. (1996a) *Graphical integration exercises part two: ramp functions*. MIT System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Agatstein, K.; Breierova, L. (1996b) *Graphical integration exercises part three: combined flows*. MIT System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Anderson, S.; Allen, J.; Browne, M. (2005) Urban Logistics – How can it Meet Policy Makers' Sustainability Objectives? *Journal of Transport Geography*, v.13, p. 71-81.
- Angerhofer, B.J.; Angelides, M.C. (2000) *System Dynamics Modelling in Supply Chain Management: Research Review*. Proceeding of the 2000 Winter Simulation Conference (J.A. Joines, R.R. Barton, K. Kang, P.A. Fishwick, eds) p.342-351.
- Ashford, A.C.(1995) *Unexpected behaviors in higher-order positive feedback loops*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Baganha, M.P; Cohen, M.A.(1998) The Stabilizing Effect Of Inventory In Supply Chains. *Operations Research*, v. 46, p. 72-83.
- Baker, J. (2001) *The Implications of Urban Road User Charging for the Distribution of Goods by Road*. 6th BESTUFS Workshop. Genova, 8-9 nov 2001.
- Bass, F.M. (1995) Empirical generalizations and marketing science: a personal view. *Management Science*, v. 14, n.3, G6-G19
- Bernhardt, I.; Mackenzie, K.D. (1972) Some problems in using diffusion models for new products. *Management Science*, v.19, n.2, 187-200
- Bianchi, C. (2002) Introducing SD modeling into planning and control systems to manage SME's growth: a learning-oriented perspective. *System Dynamics Review*, v. 18, n.3, p. 315-338.
- Binsbergen, A. V.; Visser, J. (1999) *New Urban Goods Distribution Systems*. Disponível em: <http://www.tft.lth.se/kfbkonf/3binsbergenvisser.PDF>. Acesso em 05 julho 2005.
- Breierova, L. (1996) *Mistakes and misunderstandings: use of generic structures and reality of stocks and flows*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Breierova, L. (1997) *Generic structures: overshoot and collapse*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Breierova, L.; Choudhari, M. (1996) *An introduction to sensitivity analysis*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Browne, M. (2001) *Transport and Local Distribution, E-commerce e Urban Transport*. Joint OECD/ECMT seminar The Impact of E-Commerce on Transport. Paris, 5-6 june 2001
- Checchinato, D. (2002) *Modelagem de problemas logísticos sob o enfoque de sistemas dinâmicos: o caso do jogo da cerveja*. Dissertação: Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Chung, C.V. (1994) *Generic structures in oscillating systems I*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge

- Colin, J. (2001) *The Impact of E-Commerce on Logistics. Session 2: E-commerce and Logistics*. Joint OECD/OCDE Seminar, 5 a 6 june 2001. Paris. Disponível em: <http://www.cemt.org/online/ecom01/index.htm> Acesso em: 16/05/2006.
- Contursi, V.M. (2001) *Pricing Roads use for Greater Responsibility, Efficiency and Sustainability in Cities*. 6th BESTUFS Workshop. Genova, 8-9 nov 2001.
- Coronado, A.E. (1996) *Beginner modeling exercises section 4 mental simulation: adding constant flows*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.
- Dubon, T.; Glick, M. (1994) *Generic structures: s-shaped growth I*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge
- Eden, C.; Williams, T.; Ackermann, F. (2005) *Analyzing project costs overruns: comparing the "measured mile" analysis and system dynamics modeling*. International Journal of Project Management. v.23, p.135-139.
- Egger, D.; Ruesch, M. (2002) *Best Practice Handbook for Year 3*. BESTUFS Project Report D.2.1, European Commission, Bruxelas.
- Ferreira, L.; Smith, N.; Marquez, L. (2001) *E-Business Impacts for Urban Freight*. In: 23rd Conference of Australian Institutes of Transport Research. Institute of Transport Studies. Monash University, Melbourne. 10-12 dec 2001.
- Fisher, Robert J.; Price, Linda L. (1992) An investigation into the social context of early adoption behavior. *The Journal of Consumer Research*, v.19, n.3, p.477-486
- Forrester, J.W. (1958) Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. *Harvard Business Review*. v. 36. p. 37-66.
- Forrester, J.W. (1989) *The Beginning of System Dynamics. Banquet Talk At The International Meeting Of The System Dynamics Society*. Stuttgart, Alemanha, jul 1989. Disponível em: <http://web.mit.edu/sysdynsd-intro/index.html> Acesso em 28 abril 2003.
- Forrester, J.W. (1995) *Counterintuitive Behavior of Social Systems*. Technology Review. Alumni Association of Massachusetts Institute of Technology.
- Forrester, J.W. (1998) *Designing the Future*. Universidad de Sevilla. Sevilla, Espanha
- Forrester, J.W.; Legasto, A.A.; Lynes, J.M. (1980) Studies in the Management Sciences: System Dynamics. *North Holland Publishing Company*, v.4.
- Fusco, G.; Tatarelli, L.; Valentini, M.P. (2003) *A heuristic procedure for the design of an urban distribution system for e-commerce deliveries*. Dip. Idraulica, Trasporti e Strade. Disponível em: <http://www.unipa.it/Odysseus/Odysseus2003/file/odysseus-mainfile/pdf/FuscoTatarelliValentini.pdf>. Acesso em 17 julho 2005.
- Gary, M.S. (1992) *Mistakes and misunderstandings: examining dimensional inconsistency*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.
- Gatignon, H.; Eliashberg, J.; Robertson, T. (1989) Modeling multinational diffusion patterns: an efficient methodology. *Marketing Science*, v.8, n.3, p.231-247
- Gatignon, H.; Robertson, T. S. (1985) A propositional inventory for new diffusion research. *The Journal of Consumer Research*, v.11, p.849-867
- George, T.; Morin, S.; Quiton, J. (2002) *The Missing Last Mile in the Delivery of Knowledge to the Rural Agricultural Sector*. Paper n°9. Occasional Papers: Issues in

training. Training Center. International Rice Research Institute. Asian Agriculture Congress, 24-27 april 2001. Manila, Philippines.

Goodman, M.R. (1974) *Study notes in System Dynamics*. Cambridge Mass. MIT Press, Inc.

Goodwin, P.B.; Hensher, D. A. (1979) *Determinants of Travel Choice*. Hants, England: Saxon & House.

Guttridge, J. (2001) *Congestion Charging: The Operator's View*. 6th BESTUFS Workshop. Genova, 8-9 nov 2001.

Hayashi, K.; Yano, Y. (2003) *Future City Logistics in Japan from the Shippers' and Carriers' View – Prospects and Recent Measures to Develop Them*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.

Heuer, F. (2003) *Summary of the OECD Report "Delivering the Goods: 21st Century Challenges to Urban Goods Transport"*. OECD Programme of Research on Road Transport and Intermodal Linkages. Working Group on Urban Freight Logistics. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.

Higuchi, T.; Troutt, M.D. (2004) *Dynamic Simulation of the Supply Chain for a Short Life Cycle Product – Lessons from the Tamagotchi Case*. Computer and Operations Research, n.31, p.1097-1114.

Himanem, V.; Gosselin, M.L.; Perrels, A. (2005) *Sustainability and the Interactions between External Effects of Transport*. Journal of Transport Geography, n.13, p.23-28

Holguín-Veras, J. (2002) Revealed Preference Analysis of Commercial Vehicle Choice Process. *Journal of Transportation Engineering*, July/August 2002. p.336-346.

Holguín-Veras, J. (2003) Modeling Commercial Vehicle Empty Trips with a First Order Trip Chain Model. *Transport Research Part B*, v.37, p.129-148.

Howes, T. (2001) *European Transport Infrastructure Charging Policy*. 6th BESTUFS Workshop. Genova, 8-9 nov 2001.

Jonson, G.; Johnsson, M. (1999) *Home Shopping – new requirements on logistics and packaging*. In: Urban Transport System 2nd KFB Research Conference. 7-8 june 1999. Lund, Suécia.

Kamien, Morton I.; Schwartz, Nancy L. (1975) Market structure and innovation: a survey. *Journal of Economic Literature*, v.13, n.1, 1-37

Kirkwood, C.W. (1998) *New Product Dynamic: Illustrative System Dynamic Model*. College of Business Arizona State University. Disponível em: <http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/NewProd.pdf> Acesso em 07 set 2006

Kirkwood, C.W. (1998) *System Dynamics Methods: A Quick Introduction*. College of Business Arizona State University. Disponível em: www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDRes.htm Acesso em 07 set 2006

Lean (2000.a) *European Logistics and Multimodal Transport Management Project Public Report*. Work Package: City Logistics Concepts. Version 1.014.0. Status RELEASE, 06.06.2000. 139 p. Disponível em: <http://www.lean.at> Acesso em 17 jul 2005

Lean (2000.b) *European Logistics and Multimodal Transport Management Project. Introduction of LEAN LOGISTICS into urban multimodal transport management in*

order to reduce space requirements and optimise the use of transport modes. Final Report Publication. Version 2: 25.06.2000, 90 p. Disponível em: <http://www.lean.at> Acesso em 17 jul 2005

Lyneis, J.M. (1999) System dynamics for business strategy: a phased approach. *System Dynamics Review*, v. 15, n 1, p. 37-70.

Ma, L. (2001) *Urban Goods (Off) Loading Chain*. NECTAR Conference nº6 European Strategies in the Globalizing Markets. Transport Innovations, Competitiveness and Sustainability in the Information Age. 16-18 May 2001. Helsinki, Finland.

Mahajan, V.; Peterson, R. A. (1978) Innovation diffusion in a dynamic potential adopter population. *Management Science*. v.24, n.15, 1589-1597.

Maler, F.H. (1998) New Product diffusion models in innovation management: a system dynamics perspective. *System Dynamics Review*, v. 14, n. 4, p. 285-308.

Martin, L.A. (1996) *Exploring S-Shaped Growth*. MIT System Dynamics in Education Project. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge.

Martin, L.A. (1997.a) *An introduction to Feedback*. MIT System Dynamics in Education Project. Cambridge MA, MIT Press. On line: <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/rm-toc.html>. Acesso em 23 mar 2003.

Martin, L.A. (1997.b) *The First Step*. MIT System Dynamics in Education Project. Cambridge MA, MIT Press. On line: <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/rm-toc.html>. Acesso em 23 mar 2003.

Meguro, K.; Sugiura, T.; Fujii, H.; Aoki, K. (2001) *The New Concept of Floating Car System for City Logistics*. Mitsubishi Research Institute. Disponível em: http://www.mri.co.jp/REPORT/PAPER/2000/20000701_isd01.pdf Acesso em 17 jul 2005.

Mesak, H.I.; Darrat, A.F. (2003) An empirical inquiry into new subscriber services under interdependent adoption process. *Journal of Service Research*, v.6, n.2, p. 180-192

Midgley, D.F.; Dowling, G.,R. (1978) Innovativeness: The concept and its measurement. *The Journal of Consumer Research*, v.4, p. 229-242

Msefer, K.; Whelan, J. (1996) *Economic supply & demand*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.

Nemoto, T. (2003) *Experiment on co-operative parcel pick-up system using the Internet in the central business district in Tokyo*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.

Oh, A. (1995) *Graphical integration exercises part one: exogenous rates*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.

Oliva, R. (2003) Model Calibration as a Testing Strategy for System Dynamics Models. *European Journal of Operation Research*, n.151, p. 552-568.

Pirkul, H.; Schilling, D.A. (1998) An Efficient Procedure for Designing Single Allocation Hub and Spoke Systems. *Management Science*, v.44, n.12, p.S235-S242.

Powell, S.G.; Schwaninger, M.; Trimble, C. (2001) Measurement and Control of Business Process. *System Dynamics Review*, v.17, n.1, p. 63-91.

- Punakivi, M. (2003) *Comparing alternative home delivery models for e-grocery business* Tese de doutorado. Department of Industrial Engineering and Management Department. Helsinki University of Technology. ISBN 951-22-6562-1. Finlândia. 141 p. Disponível em: <http://lib.hut.fi/Diss/2003/isbn9512265826/> Acesso em: 23 julho 2005.
- Raicu, R.; Raicu, S. (2003) *Transport Demand, Transport and Traffic Flow: Key Elements of City Logistics*. In: The 3rd International Conference on City Logistics. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003.
- Ratha, M.; Zhu, H. (1997) *Graphical integration exercises part five: qualitative graphical integration*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.
- Richardson, G.P. (1986) *Problems with causal-loop diagrams*. System Dynamics Review. v.2, n.2.
- Richmond, B. (1993) *Systems Thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond*. System Dynamics Review. v.9, n. 2, p. 113-133.
- Richmond, B. (2000) *Getting Stated with iThink v 6.0*. The Systems Thinking Company. Disponível em: www.hps-inc.com. Acesso em 15 dez 2000.
- Roberts, N. (1983) *Introduction to Computer Simulation*. Portland, Oregon, Pegasus Communications.
- Roberts, N.; Andersen, D.F.; Deal, R.M.; Garet, M.S.; Shaffer, W.A. (1983) *Introduction to Computer Simulation: The System Dynamics Approach*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Routhier, J.; Ambrosini, D.; Patier-Marque, D. (2001) *Objectives, Methods and Results of Surveys Carried out in the Field of Urban Freight Transport: A International Comparison*. Proceedings of 9th World Conference on Transport Research, Seoul.
- Ruesch, M.; Glücker, C. (2001) *Best Practice Handbook for Year 1*. BESTUFS Project Report D.2.1, European Commission, Bruxelas.
- Schmidt, M.J.; Gary, M.S. (2002) Combining System Dynamics and Conjoint Analysis for Strategic Decision Making With an Automotive High-Tech SME. *System Dynamics Review*, v. 18, n.3, p. 359-379.
- Senge, P.M. (1998) *A Quinta Disciplina: Arte e Prática de Aprendizagem*. Editora Best Seller. São Paulo
- Senge, P.M.; Stermann, J.D. (1992) Systems thinking and organizational learning: acting locally and thinking globally in the organization of the future. *European Journal Operational Research*, 59. v. 3, p. 137-145.
- Stanley, L. (1996) *Graphical integration exercises part four: reverse graphical integration*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.
- Stanley, L.; Zhu, H. (1996) *Beginner Modeling Exercises: Section 5 - Mental Simulation of Combining Feedback in First-Order Systems*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.
- Stein, K.A. (1997) *Oscillating Systems II: Sustained Oscillation*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.
- Stoneman, P.; Kwon, M. (1994) The diffusion of multiple process technologies. *The Economic Journal*, v. 104, n. 423, p. 420-431

Sundqvist, S.; Frank, L.; Pumalainen, K. (2005) The Effects of Country Characteristics, Cultural Similarity and Adoption Timing on the Diffusion of Wireless Communications. *Journal of Business Research*, v. 58, p. 107-110.

Sweeney, L.B.; Sterman, J.D. (2000) *Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory*. MIT, System Dynamics in Education Project. Cambridge.

Tomassini, M. (2001) *Pricing Approach of the City of Rome*. 6th BESTUFS Workshop. Genova, 8-9 nov 2001.

Towill, D.R. (1996) Industrial dynamics modeling of supply chains. *Logistics Information Management*. v. 9, n.4, p. 43-56.

Westarp, F.V.; Wendt, O. (2000) *Diffusion follows structure – a network model of the software market*. 33rd Hawaii International Conference on System Sciences.

Whelan, J.G. (1996) *Beginner Modeling Exercises: Section 2 - Mental Simulation of Simple Positive Feedback*. MIT, System Dynamics in Education Project, Cambridge.

Williams, T.; Ackermann, F.; Eden, C. (2003) Structuring a Delay and Disruption Claim: An Application of Cause-Mapping and System Dynamics. *European Journal of Operation Research*, n.148, p. 192-204.

10 ANEXOS

10.1 ANEXO I – SERVIÇOS DE ENTREGAS EXPRESSAS NO BRASIL

10.1.1 CORREIOS

A Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT) foi criada em 20 de março de 1969, através do Decreto-Lei nº 509. É uma empresa pública, vinculada ao Ministério das Comunicações, com sede em Brasília.

Os Correios oferecem o serviço de logística integrada através de contratos com modelagem logística e comercial, totalmente adaptados às necessidades de cada cliente, oferecendo soluções, consultoria logística e gerenciamento completo da cadeia de valor.

Em termos concretos, desde 2002, os Correios já gerenciam atividades da cadeia de valor de alguns clientes corporativos (como recebimento, armazenagem, expedição, transporte, distribuição, logística reversa), em plena sintonia com a estratégia logística destes clientes, com o objetivo de gerar máximo benefício em relação às necessidades logísticas e comerciais (Correios, 2006).

Segundo Correios (2006), o serviço de logística integrada é oferecido após a realização de aprofundado estudo da cadeia de valor do cliente e métodos de trabalho, vinculado a uma modelagem de solução logística que indica melhorias que beneficiam o processo logístico e de marketing das empresas-clientes. Quaisquer tipos de serviços podem ser modelados em solução completa às necessidades de cada cliente em específico e cada cliente poderá ter uma solução bastante diferente para minimizar custos, reduzir tempo de entrega e agregar valor a seus fluxos de mercadorias, financeiros e de informações.

O principal produto oferecido pelos Correios é o SEDEX, criado em 1982 como um serviço de encomenda expressa nacional com prazo máximo de entrega de 24 horas entre as principais capitais do País. Este serviço conta com a seguinte frota à disposição do serviço: 450 caminhões, 5 mil vans e 10 mil motos. Para distâncias superiores a 300 km das capitais, transportadoras contratadas realizam a distribuição com sistema de rastreamento. O serviço aéreo é terceirizado com 35 linhas aéreas. A empresa responde por 45% a 50% das encomendas expressas entregues no Brasil (Lamin, 2005).

O serviço SEDEX conta com sete modalidades, sendo a entrega é realizada na porta do destinatário, inclusive em edifícios comerciais e residenciais nos quais é permitido o acesso do Carteiro. O serviço é submetido a três tentativas de entrega. Em qualquer das tentativas de entrega, caso não seja possível a entrega do objeto é deixado no endereço um “Aviso de Tentativa de Entrega”, informando ao destinatário quando o carteiro retorna para uma nova tentativa. O aviso da terceira e última tentativa de entrega informam também sobre a devolução do objeto ao remetente. São informados no Sistema de Rastreamento de Objetos da ECT a data e o horário real de entrega do objeto, ou, na sua impossibilidade, os motivos respectivos da não-entrega. (Correios, 2006).

10.1.2 DHL

A DHL, empresa de propriedade do *Deutsche Post World Net*, esta presente no mercado de transporte expresso internacional, terrestre, frete aéreo, frete marítimo e serviços de logística. A DHL oferece uma gama completa de soluções customizadas - cobrindo desde o envio de documentos por transporte expresso até o gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Presente no Brasil desde 1978 e atendendo mais de 1.100 cidades, é representado pela DHL - *Remessas Expressas*, DHL Solutions - *Operador Logístico* e pela DHL Danzas Air & Ocean - *Transportes Intercontinentais*.

No Brasil, a empresa oferece os seguintes serviços:

- Serviço Internacional de Encomendas ou Amostras, Documentos;
- Serviço Doméstico de Encomendas, Amostras ou Documentos;
- Serviço doméstico e internacional de documentos até 250 g;
- Remessa de documentos em 24h para as principais cidades do Continente Americano, e em 48h para a Europa;
- Serviço internacional porta-a-porta de documentos, amostras e encomendas, com ou sem valor comercial, com pesos superiores a 10 kg e até 250 kg;
- Serviço expresso de logística global e doméstica.

Além disso, desde 1981, a empresa opera com logística, tendo 6 importantes clientes: Compaq, SGI (Silicon Graphics), Apple, Avaya, EMC2 e HP. A empresa investiu US\$ 1,7 milhão em um depósito de com 3.950 m², localizado em São Paulo. Segundo o *site* institucional da empresa, o diferencial que a DHL oferece é a

conveniência de o cliente poder contar com um único provedor para armazenagem e distribuição; um provedor que atinge toda a América Latina, um especialista em distribuição expressa, além de oferecer serviço de armazenagem e distribuição aérea.

Dentre os principais parceiros da DHL no comércio eletrônico, estão Flores OnLine, Submarino, Amazon Books, Bothanica, Novica, Assinaflor, Samello, Wine Market, entre outros. Na prestação de serviços, a empresa tem como principais clientes brasileiros: General Motors (GM), Siemens, Citibank, Compaq, Philips, Tess, MRE, HP, Cia Vale do Rio Doce, Embraer, Nestlé, entre outros.

10.1.3 FEDEX

Com início das operações em 1973, a FedEx conta com 275 mil funcionários, servindo mais de 220 países e territórios. Utilizam 365 aeroportos no mundo e têm uma frota de 643 aeronaves, 45 mil veículos e 1200 centros de serviço internacional, entregando mais de 3,2 milhões de pacotes por dia (FedEx, 2006), e uma receita de US\$ 32, 294 bilhões, em 200 é a maior empresa de entrega expressa do mundo.

A sede mundial está localizada em Memphis, Tennessee (EUA), com outras sedes regionais na Ásia (Hong Kong), Canadá (Toronto e Ontário), Europa (Bruxelas e Bélgica) e América Latina (Miami). Em 1981 introduz serviços de entrega expressa para a América Latina e Caribe, com abertura de escritório em Porto Rico.

A FedEx oferece os seguintes serviços, que incluem coleta, envio e entrega:

- FedEx International Priority: Serviço porta-a-porta para mais de 220 países e territórios, com tempo de trânsito definido e liberação alfandegária para remessas urgentes de até 68 kg. Limite de valor declarado de US\$ 3.000 (para recebimento) e US\$ 5.000 (para envio) por remessa. Entrega normalmente em 1 a 4 dias úteis, dependendo do destino, com garantia de reembolso de frete;
- FedEx International Economy: Uma opção econômica de serviço de transporte expresso não prioritário, com entrega em 4 a 5 dias úteis, porta-a-porta, para remessas de até 68 quilos por volume. Serviço exclusivo para os Estados Unidos;

- FedEx International Priority Freight Service: O serviço porta-a-porta, com tempo de trânsito definido para remessas com mais de 68 Kg. Entrega em 1 a 4 dias úteis, dependendo do destino.
- FedEx International Express Freight: Uma solução rápida e eficiente de transporte expresso de carga - aeroporto a aeroporto - com tempo de trânsito definido e espaço confirmado no avião, que garante a entrega de sua carga em um prazo médio de 1 a 4 dias úteis, dependendo do destino.
- FedEx International Airport to Airport: Serviço confiável e econômico para cargas com menor prioridade, com conexões com outras linhas aéreas. Estendem o serviço para destinos não cobertos pela FedEx em todo o mundo. A carga é transportada conforme a disponibilidade de espaço. Aceita-se praticamente qualquer volume e peso.
- FedEx International Priority Direct Distribution: Este serviço permite que os clientes localizados na América Latina e no Caribe enviem uma única remessa com vários volumes, eletronicamente consolidada em um único conhecimento aéreo internacional e uma fatura comercial, para vários destinatários nos Estados Unidos (qualquer um dos 50 estados).
- FedEx International Priority Broker Select: Esta opção oferece a flexibilidade dos serviços de entrega FedEx e a vantagem de usar seu próprio despachante para fazer a liberação alfandegária. A FedEx notificará o seu despachante designado quando da chegada da remessa. Após a liberação da carga, a FedEx entregará a remessa para o destino final.
- FedEx Dangerous Goods: Permite o transporte internacional expresso, porta-a-porta, de materiais perigosos, podendo contar também com todos os benefícios próprios da Fedex. As remessas são entregues em 2 dias úteis nos EUA e de 2 a 4 dias úteis no resto do mundo.

No Brasil, os centros de serviço mundial encontram-se em São Paulo e Santo Amaro. Além disso, existem estações FedEx em Campinas, São Paulo, Porto Alegre e Rio de Janeiro. Os centros autorizados para envio FedEx estão localizadas em São Paulo, Barueri (SP), Santana do Parnaíba (SP), Guarulhos (SP), Campinas (SP), São José dos Campos (SP), Ribeirão Preto (SP), Santos (SP), São José do Rio Preto (SP), Bauru (SP), São Bernardo do Campo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Nova Friburgo (RJ), Macaé (RJ), Novo Hamburgo (RS), Juiz de Fora (MG) e Santa Cruz do Sul (RS).

Além disso, a FedEx conta com as seguintes transportadoras para atender aos seguintes estados:

- Expresso Araçatuba: Distrito Federal, Acre, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e Paraná;
- Rapidão Cometa: Amazonas, Pará, Amapá, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Espírito Santo;
- Transportadora Americana: Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

10.1.4 TNT Express

A TNT Express é empresa de transporte expresso Business to Business. Estabelecida em 1946 na Austrália, a TNT (Thomas National Transport) é hoje uma integradora global, que oferece um extenso leque de serviços para atender a todas as necessidades de seus clientes. Com a consolidação de outros negócios e do grande crescimento da empresa, em 1996 houve a aquisição do grupo TNT pelo Correio Holandês, dando assim, origem ao Grupo TNT.

A empresa atua no Brasil através da sua unidade de negócios TNT Logistics Brasil, iniciando suas operações em 1997, para dar suporte à Fiat na distribuição de peças e acessórios à sua rede de concessionárias. Desde então, a empresa evoluiu a sua atuação com outras montadoras, assumindo hoje a liderança do setor, atuando também nos setores de eletrônicos, bens de consumo. Atualmente, a TNT possui 30 filiais e 13 centros de *cross-docking* que permitem uma operação mais inteligente, com custos competitivos. Gerencia mais de 440 mil m² de armazém e transporta mais de 250 mil toneladas/mês. A empresa opera em três linhas de negócio: correio, transporte expresso e logística.

As principais instalações encontram-se localizadas em Manaus (AM), São Paulo (SP), Betim (MG), Gravataí (RS) e São José dos Pinhais (PR), atuando no setor automobilístico, pneus, eletrônicos, bens de consumo e industrial.

10.1.5 TOTAL EXPRESS

Com sede em Barueri – SP e atuando no mercado brasileiro desde 1993, a Total Express tornou-se, em poucos anos, uma referência na prestação de serviços de *fulfillment* e entrega porta-a-porta, com serviços prestados para as principais empresas

de venda direta e comércio eletrônico. Em 2000, a Total Express despertou o interesse de investimentos estrangeiros e houve a entrada de grandes organizações internacionais entre seus controladores. Em 2002, a empresa iniciou um processo de inovação tecnológica e operacional.

Atualmente, a empresa atende 800 cidades brasileiras através de filiais e agentes credenciais em todo território brasileiro e demais cidades por meio de re-postagens locais. Diariamente, são mais de 500 pessoas envolvidas no processo entrega, com uma média diária de 6 mil entregas. Dentre a gama de serviços que a empresa oferece, destaca-se a entrega fracionada, entrega contra recebimento, logística reversa e entregas especiais para campanhas promocionais.

A empresa também é capacitada para realizar todo o processo de distribuição nos seus centros de distribuição com mais de 9 mil m², através do recebimento e armazenagem de mercadorias, gestão de estoques, *picking & packing*, manuseios diferenciados e embarque aéreo ou rodoviário.

Dentre as empresas que utilizam os serviços oferecidos pela Total Express, destacam-se: Shoptime.com, Americanas.com, Brasil Connection, PontoFrio.Com, Orbital, Submarino, Saraiva.Com.br, CompraFacil.com, Forever, Siciliano, Grupo VR e Wunderman (Total Express, 2006).

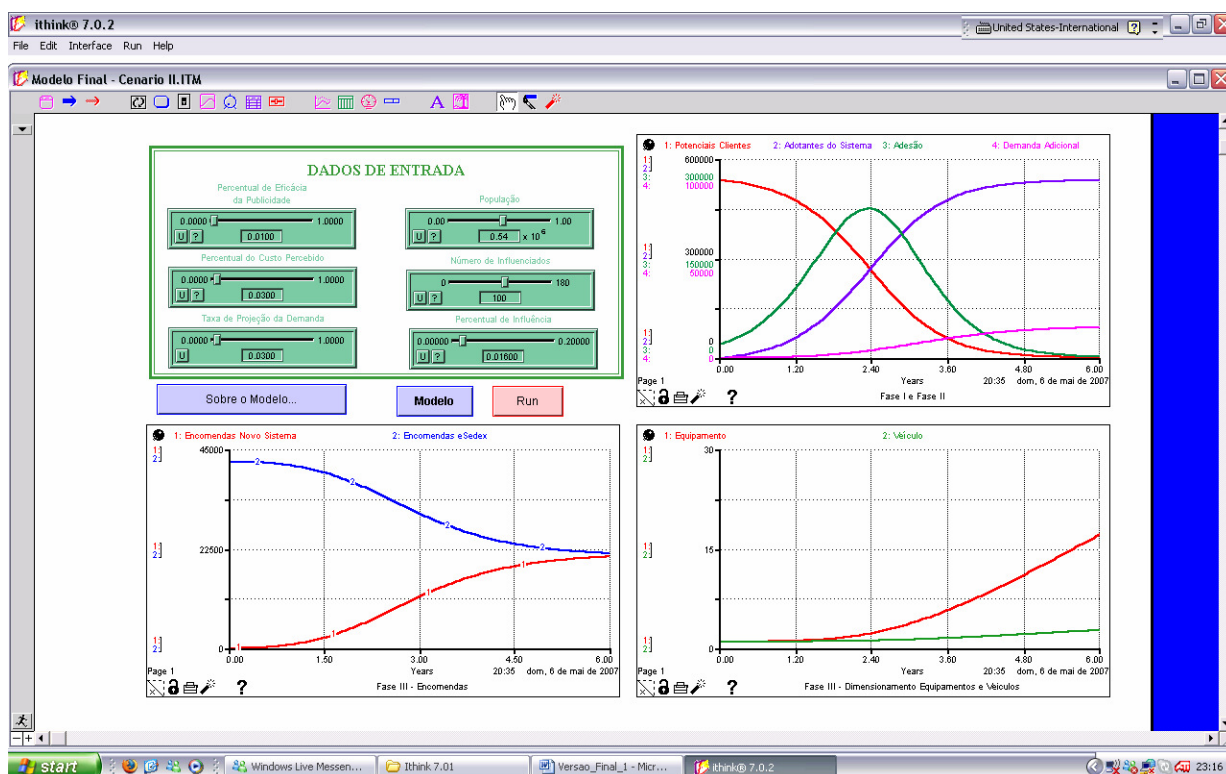
10.1.6 UPS

Fundada em 1907 como uma empresa de mensageiros nos Estados Unidos, a UPS se transformou em uma corporação de US\$ 42,6 bilhões, focando claramente o objetivo em permitir o comércio no mundo inteiro. Hoje, a UPS ou United Parcel Service Inc. é uma empresa mundial com uma das marcas mais reconhecidas e admiradas no mundo. Como uma das maiores empresas do mundo em transporte expresso e entrega de pacotes, a UPS é fornecedor de transporte especializado, logística, capital e serviços do comércio eletrônico. Diariamente, a empresa gerencia o fluxo de bens, fundos e informações em mais de 200 países e territórios no mundo inteiro (UPS, 2006).

No Brasil, os centros de envio da UPS encontram-se em Alphaville, Campinas, Porto Alegre, Rio de Janeiro e São Paulo.

10.2 ANEXO II – MODELO EM DINÂMICA DE SISTEMAS

10.2.1 TELA DE INPUT DO MODELO



10.2.2 EQUAÇÕES DO MODELO

Adotantes do Sistema (t) = Adotantes do Sistema (t - dt) + (Adesão) * dt (pessoas)

INIT Adotantes do Sistema = 0 (pessoas)

INFLOWS:

Adesão = Adesão por Publicidade + Adesão por Interação Social + Adesão por Custo Percebido (pessoas)

Clientes eSedex (t) = Clientes eSedex (t - dt) (pessoas)

INIT Clientes eSedex = Potenciais Clientes (pessoas)

Demanda Adicional (t) = Demanda Adicional (t - dt) + (Fluxo de Demanda) * dt (pessoas)

INIT Demanda Adicional = 0 (pessoas)

INFLOWS:

Fluxo de Demanda = Adotantes do Sistema * Taxa de Projeção da Demanda – Demanda Adicional (pessoas)

$\text{Encomendas (t)} = \text{Encomendas (t - dt)} - (\text{Fluxo Encomendas Novo Sistema} - \text{Fluxo Encomendas eSedex}) * dt \text{ (encomendas)}$

$\text{INIT Encomendas} = 42480 \text{ (encomendas)}$

OUTFLOWS:

$\text{Fluxo Encomendas Novo Sistema} = (\text{Clientes Novo Sistema} * \text{Encomendas} / \text{Clientes}) - \text{Encomendas Novo Sistema (encomendas)}$

$\text{Fluxo Encomendas eSedex} = (\text{Encomendas} * \text{Clientes eSedex}) / \text{Clientes} - \text{Encomendas eSedex (encomendas)}$

$\text{Encomendas eSedex (t)} = \text{Encomendas eSedex (t - dt)} + (\text{Fluxo Encomendas eSedex}) * dt \text{ (encomendas)}$

$\text{INIT Encomendas eSedex} = \text{Encomendas (encomendas)}$

INFLOWS:

$\text{Fluxo Encomendas eSedex} = (\text{Encomendas} * \text{Clientes eSedex}) / \text{Clientes} - \text{Encomendas eSedex (encomendas)}$

$\text{Encomendas Novo Sistema (t)} = \text{Encomendas Novo Sistema (t - dt)} + (\text{Fluxo Encomendas Novo Sistema} - \text{Dimensionamento Veículos} - \text{Dimensionamento Equipamento}) * dt \text{ (encomendas)}$ (obs.: no fluxo de saída desta equação, para o dimensionamento de veículos e equipamentos, utiliza-se a variável encomendas)

$\text{INIT Encomendas Novo Sistema} = 0 \text{ (encomendas)}$

INFLOWS:

$\text{Fluxo Encomendas Novo Sistema} = (\text{Clientes Novo Sistema} * \text{Encomendas} / \text{Clientes}) - \text{Encomendas Novo Sistema (encomendas)}$

OUTFLOWS:

$\text{Dimensionamento Veículos} = \text{Encomendas Novo Sistema} / (\text{Capacidade Veículo} * 12 * 20) \text{ (veículos)}$

$\text{Dimensionamento Equipamento} = (\text{Encomendas Novo Sistema} * \text{Tempo Cliente Retirar Produto} / \text{Capacidade Equipamento}) \text{ (equipamento)}$

$\text{Equipamento(t)} = \text{Equipamento (t - dt)} + (\text{Dimensionamento Equipamento}) * dt \text{ (equipamentos/ano) (equipamento)}$

$\text{INIT Equipamento} = 1 \text{ (equipamento)}$

INFLOWS:

$\text{Dimensionamento Equipamento} = (\text{Encomendas Novo Sistema} * \text{Tempo Cliente Retirar Produto} / \text{Capacidade Equipamento}) \text{ (equipamentos/ano) (equipamento)}$

$\text{Potenciais Clientes (t)} = \text{Potenciais Clientes (t - dt)} + (- \text{Adesão}) * dt \text{ (clientes/ano) (pessoas)}$

INIT Potenciais Clientes = População - Adotantes do Sistema (pessoas)

OUTFLOWS:

Adesão = Adesão por Publicidade + Adesão por Interação Social+Adesão por Custo Percebido (pessoas)

Veículo(t) = Veículo (t - dt) + (Dimensionamento Veículos) * dt (veículos)

INIT Veículo = 1 (veículo)

INFLOWS:

Dimensionamento Veículos = Encomendas Novo Sistema/(Capacidade Veículo*12*20) (veículo)

Adesão por Custo Percebido = Potenciais Clientes*Percentual do Custo Percebido (pessoas)

Adesão por Publicidade = Percentual de Eficácia da Publicidade*Potenciais Clientes (pessoas)

Adesão por Interação Social = Número de Influenciados*Percentual de Influência*(Potenciais Clientes+Adotantes do Sistema)/População (pessoas)

Capacidade Equipamento = 76 (produtos)

Capacidade Veículo = 152 (produtos/veículo)

Clientes = Clientes eSedex+Clientes Novo Sistema (pessoas)

Clientes Novo Sistema = Demanda Adicional+Adotantes do Sistema (pessoas)

Número de Influenciados = 100 (pessoas)

Percentual de Eficácia da Publicidade = 0.011 (%)

Percentual de Influência = 0.015 (%)

Percentual do Custo Percebido = 0.03 (%)

População = 543.763 (pessoas)

Taxa de Projeção da Demanda = 0.15 (%)

Tempo Cliente Retirar Produto = 7/365 (dias)

10.3 ANEXO III – MEMÓRIA DE CÁLCULO AVALIAÇÃO ECONÔMICA

10.3.1 DADOS: ENCOMENDAS

Parâmetros:

- Envelopes = 70% Volume de Produtos Sedex
- e-Sedex = 11% Volume de Envelopes
- 23 dias de operação em 12 meses

DIA			
Unidade Distribuidora	Envelopes	e-sedex	Total
CDD Florianópolis	904	42	1.291
CDD Florianópolis Norte	691	32	987
CDD Florianópolis Sul	370	17	528
CDD Ingleses	176	8	251
CDD Estreito	364	17	520
CDD São José	416	19	594
CDD Barreiros	378	17	540
CDD Palhoça	315	14	450
UD Biguaçu	252	11	360
TOTAL	3.866	177	5.522

MÊS			
Unidade Distribuidora	Envelopes	e-sedex	Total
CDD Florianópolis	20.792	966	29.693
CDD Florianópolis Norte	15.893	736	22.701
CDD Florianópolis Sul	8.510	391	12.144
CDD Ingleses	4.048	184	5.773
CDD Estreito	8.372	391	11.960
CDD São José	9.568	437	13.662
CDD Barreiros	8.694	391	12.420
CDD Palhoça	7.245	322	10.350
UD Biguaçu	5.796	253	8.280
TOTAL	88.918	4.071	127.025

ANO			
Unidade Distribuidora	Envelopes	e-sedex	Total
CDD Florianópolis	249.504	11.592	356.316
CDD Florianópolis Norte	190.716	8.832	272.412
CDD Florianópolis Sul	102.120	4.692	145.728
CDD Ingleses	48.576	2.208	69.276
CDD Estreito	100.464	4.692	143.520
CDD São José	114.816	5.244	163.944
CDD Barreiros	104.328	4.692	149.040
CDD Palhoça	86.940	3.864	124.200
UD Biguaçu	69.552	3.036	99.360
TOTAL	1.067.016	48.852	1.524.308

10.3.2 EVTE

Parâmetros:

- Tarifa Utilização dos Pontos de Entrega Inteligente = R\$ 1,89 (obtido pela função atingir meta, considerando que o investimento deve ser igual ao lucro).
- Taxa de Desconto: 8,5% a.a;
- Crescimento da Demanda = 15% (Fonte: Correios, 2006);
- Custo do Equipamento = R\$ 30.000/unidade.

Encomendas			
Ano	Crescimento do Mercado	Dia	Ano
2006	100%	71	25.759
2007	115%	81	29.623
2008	130%	92	33.486
2009	145%	102	37.350
2010	160%	113	41.214
2011	175%	124	45.078
2012	190%	134	48.942

Fluxo de Caixa			
ANO	RECEITA BRUTA	INVESTIMENTOS	LUCRO ou PREJUÍZO
2006			
2007	R\$ 56.053	R\$ 270.000	R\$ (213.947)
2008	R\$ 48.742	R\$ 30.000	R\$ 18.742
2009	R\$ 63.364	R\$ 30.000	R\$ 33.364
2010	R\$ 70.675	R\$ -	R\$ 70.675
2011	R\$ 77.987	R\$ -	R\$ 77.987
2012	R\$ 85.298	R\$ -	R\$ 85.298
VPL	R\$ 297.819	R\$ 297.819	R\$ (0)

10.3.3 VEÍCULO E EQUIPAMENTOS

Parâmetros:

- Cubagem Máxima do Produto: 0,052 m³
- Comprimento = 0,54m;
- Largura = 0,36m;

- Altura = 0,27m
- Volume de Carga do Veículo: 8m³ (Utilitário Renault)
- Capacidade do Veículo = 152 produtos;

Equipamentos/Zona de Entrega							
	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012
CDD Florianópolis	1	1	2	2	2	2	2
CDD Florianópolis Norte	1	1	1	2	2	2	2
CDD Florianópolis Sul	1	1	1	1	1	1	1
CDD Ingleses	1	1	1	1	1	1	1
CDD Estreito	1	1	1	1	1	1	1
CDD São José	1	1	1	1	1	1	1
CDD Barreiros	1	1	1	1	1	1	1
CDD Palhoça	1	1	1	1	1	1	1
UD Biguaçu	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	9	9	10	11	11	11	11

Veículo/Zona de Entrega							
	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012
Velocidade Média (km/h)	60	60	60	60	60	60	60
Distância Total (km)	878	878	878	878	878	878	878
Carga de Viagem (horas)	8	8	8	8	8	8	8
Tempo carga/descarga	6	9	11	13	15	15	16
Tempo de Deslocamento	15	15	15	15	15	15	15
Tempo TOTAL de Operação	21	24	26	28	30	30	31
QUANTIDADE DE VEÍCULOS	3	3	4	4	4	4	4

10.3.4 CUSTOS DE DISTRIBUIÇÃO

Localidade	Distância do CDD (em km)	Área (km²)	N. Clientes Sistema	N. Clientes e-Sedex	Distância dentro da Zona
Centro	23	64,92	904	99	82,79
Norte	43	162,30	691	76	114,70
Sul	36	83,60	370	40	59,72
Ingleses	64	194,20	176	19	62,73
Estreito	37	86,40	364	40	60,71
Barreiros	27	45,00	378	41	44,36
São José	25	34,43	416	45	40,65
Palhoça	46	99,52	315	34	60,07
Biguaçu	38	48,00	252	27	37,18
TOTAL	676	-	3866	421	1.126
Distancia Percorrida Sedex Dia					2.342
Distancia Percorrida Pontos de Entrega Dia					878

Contigência		30%
Custo km	R\$	0,20
Custo Fixo	R\$	70,92

Análise DIA		
	Custo/Dia	Custo por Encomenda
Utilitário Sedex	R\$ 539,30	R\$ 3,05
Pontos de Coleta	R\$ 246,58	R\$ 1,39

EM 2008		
Composição do Custo	Rio de Janeiro	São Paulo
Custo Utilização do Equipamento	R\$ 1,89	R\$ 1,89
Custo Distribuição	R\$ 12,89	R\$ 6,89
TARIFA TOTAL	R\$ 14,79	R\$ 8,79
	R\$ 19,22	R\$ 11,42
Economia	26%	37%

Custo	Rio de Janeiro	São Paulo
Custo de Transferência*	R\$ 11,50	R\$ 5,50
Custo de Distribuição	R\$ 1,39	R\$ 1,39
TOTAL	R\$ 12,89	R\$ 6,89

* Existe um adicional de R\$ 2 para cada adicional de quilo.

** Mesmo independente da origem

10.4 ANEXO IV – MEMÓRIA DE CÁLCULO AVALIAÇÃO AMBIENTAL

NOVO SISTEMA		
Tipo de Poluente	Veículos Leves Comerciais maior que 1700 kg (g/km)	Custo/kg
Monóxido de Carbono	2,70	R\$ 0,19
Óxido de Nitrogênio (Nox)	0,50	R\$ 1,12
Hidrocarboneto (HC)	1,00	R\$ 1,14
Número de Veículos	3	
Km/dia	878	
km/Ano	242.412	

Tipo de Poluente	Emissão de Poluentes (kg)	Deseconomias (R\$/Ano)
Monóxido de Carbono	1.964	R\$ 373
Óxido de Nitrogênio (Nox)	364	R\$ 407
Hidrocarboneto (HC)	727	R\$ 829